



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CAMPUS DIADEMA
Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas
Curso de Ciências



LUCAS SODRÉ DOS SANTOS

**Experiências Clássicas da Atomística: Uma análise sobre o
experimento de Thomson em livros didáticos**

DIADEMA

2021

LUCAS SODRÉ DOS SANTOS

**Experiências Clássicas da Atomística: Uma análise sobre o
experimento de Thomson em livros didáticos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Licenciatura em Ciências, ao Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas da Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema.

Orientador: Prof(a). Dr(a). Reginaldo Alberto Meloni

DIADEMA

2021

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA. DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais da Catalogação na Publicação (CIP)

SANTOS, Lucas Sodré

Experiências Clássicas da Atomística: Uma análise sobre o experimento de Thomson em livros didáticos / Lucas Sodré SANTOS.

– – Diadema, 2021.

51 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências) -
Universidade Federal de São Paulo - Campus Diadema, 2021.

Orientador: Reginaldo Alberto Meloni

1. Transposição Didática. 2. Livro Didático. 3. Raios Catódicos. 4.
Experimentos Clássicas. I. Título.

LUCAS SODRÉ DOS SANTOS

**Experiências Clássicas da Atomística: Uma análise sobre o
experimento de Thomson em livros didáticos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Licenciatura em Ciências, ao Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas da Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema.

Aprovado em: 22/02/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Reginaldo Alberto Meloni
Universidade Federal de São Paulo – Unifesp

Prof(a). Dr(a). Thais Cyrino de Mello Forato
Universidade Federal de São Paulo – Unifesp

Prof. Dr. Hélio Elael Bonini Viana
Universidade Federal de São Paulo – Unifesp

Agradeço primeiramente a Deus, que me permitiu sobreviver no último ano a uma doença tão terrível, e que me mostrou acima de tudo coisas importantes que não enxergamos até estarmos enfermos e com dor, a covid não foi nada perto das coisas que assolaram minha vida, mas resiliência e humildade deixaram uma marca enorme em mim.

Agradeço aos meus pais Edson e Elisangela, que me dão todo o suporte que preciso, não só físico, mas também emocional, e nos quais me referencio e me orgulho de ser seu filho.

Aos meus mestres, que nestes anos me mostraram a beleza de uma profissão realmente nobre e digna de ser contemplada e respeitada, também conhecimentos e sabedorias os quais me moldam como profissional e pessoa que sou, produto das experiências incríveis vividas na Universidade. Em especial, a professora Dr.^a Thaís Cyrino de Mello Forato, que nos últimos anos me ensinou mais do que imagina sobre onde um professor pode chegar. Também ao meu orientador, Prof. Dr. ° Reginaldo Alberto Meloni, que em sua grande parceria nesta pesquisa me proporcionou momentos de reflexão e aprendizagem incríveis.

Agradeço o fato de dentre tantos colegas, eu encontrar amizades para o resto da vida, como Andrey Carvalho, Mariele Leão, Amanda Malheiros, Igor Paiva, Pamella Aline e Gustavo C. Gonçalves.

Só me arrependo das coisas que não pude fazer na universidade, e espero poder carregar seus ensinamentos nos anos que se seguirão lecionando.

SANTOS, Lucas Sodré dos. **Experiências Clássicas da Atomística: Uma análise sobre o experimento de Thomson em livros didáticos**. Monografia (Trabalho de conclusão de Curso) Universidade Federal de São Paulo, Diadema. Fevereiro de 2021.

RESUMO

O estudo da transposição didática de experiências clássicas da atomística é apresentado pela análise do artigo original de Thomson a respeito dos Raios Catódicos, que o levou a descoberta da relação carga massa do elétron em 1897, e ganhar o prêmio Nobel de 1906. Esta análise é comparada ao livro “Fundamentos de Química”, 1º Volume de 1968 de Waldemar Saffioti. Nestes os diferentes objetivos do conhecimento científico e do conhecimento didatizado revelam diversas assimetrias entre os textos, mas também, simetrias interessantes pouco vistas em obras didáticas. Thomson em suas reflexões se mostra amparado por estudos e cientistas diversos, algo comumente deixado de lado em obras didáticas, assim como seu processo histórico-metodológico de descoberta que de forma recorrente no artigo traz problemáticas também pouco trabalhadas em didatizações. Saffioti de forma intrigante introduz um estudo histórico muito próximo ao do artigo, apresentando objetividade conceitual e matemática em sua explanação do tema, nos levando a grandes possibilidades para futuros estudos.

Palavras-Chave: Transposição Didática. Livro Didático. Raios Catódicos. Experimentos Clássicos.

ABSTRACT

The study of the didactic transposition of classic experiments in atomistics is presented by analyzing Thomson's original article: The Cathode Rays, which led him to discover the electron charge-mass relationship in 1897, and to win the 1906 Nobel Prize. This analysis is compared to the book “Fundamentals of Chemistry”, 1st Volume of 1968 by Waldemar Saffioti. In these, the different objectives of scientific knowledge and didactic knowledge reveal several asymmetries between the texts, but also, interesting symmetries little seen in didactic works. Thomson, in his reflections, is shown to be supported by diverse studies and scientists, something commonly overlooked in didactic works, as well as his historical-methodological process of discovery which, in a recurring manner in the article, brings problems that are also little worked on in didactic books. Saffioti introduces a historical study awfully close to that of the article, presenting conceptual and mathematical objectivity in his explanation of the theme, leading us to great possibilities for future studies.

Keywords: Didactic Transposition. Didactic Book. Cathode rays. Classical Experiments.

SUMÁRIO

1. Introdução	5
2. Metodologia	8
2.1 Procedimentos Metodológicos	8
3 O Conhecimento científico x O Conhecimento Didatizado	10
3.1 Um panorama sobre o conhecimento	10
3.2 A integralização e apresentação do conhecimento	11
4 O Autor	14
4.1 Os autores de livros didáticos	14
4.2 Waldemar Saffioti	16
5 O experimento de Thomson	18
5.1 Um breve Histórico	18
5.1.1 Sir J. J. Thomson	19
5.2 Raios Catódicos, J.J. Thomson 1897	19
5.2.1 Carga Transportada por Raios Catódicos	20
5.2.2 Deflexão dos Raios Catódicos por Um Campo Eletrostático	21
5.2.3 Condutividade de um gás durante a passagem de raios catódicos	22
5.2.4 Deflexão Magnética nos Raios Catódicos em Diferentes Gases	23
5.2.5 Velocidade dos Raios Catódicos	30
5.2.6 Experiências com eletrodos de diferentes materiais	31
6 Análise: Fundamentos da Química 1º Volume – W. Saffioti	33
6.1 O experimento de Thomson abordado por Saffioti	33
7 Conclusões	41
8 REFERÊNCIAS	43
9. ANEXOS	45

1. Introdução

Os conhecimentos que nós construímos ao longo do tempo vêm a ser um bem muito precioso. A administração complexa dos mesmos em cérebros humanos superdesenvolvidos e seus polegares opositores é o que essencialmente nos diferencia dos demais animais. Podemos entendê-lo como uma noção, uma instrução, uma teoria, uma informação, entre outros diversos conceitos que surgem e agregam cultural e cientificamente a sociedade cada vez mais. Essa produção exacerbada de conteúdos se torna cada vez mais complexa, dificultando uma apropriação generalizada do conhecimento como os chamados sábios da idade média. A sociedade se constitui culturalmente a partir dele, e ele é constituído socialmente, mas se fragmenta naturalmente em partes as quais auxiliam na sua organização e manutenção de cada área do conhecimento, como as ciências exatas, humanas, biológicas etc. e em cada uma, suas próprias especificações.

A produção de conhecimento encontra-se hoje em um patamar de evolução e fragmentação em ritmo acelerado e constante. A comunidade acadêmica promove reflexões sobre a produção científica e intelectual afirmando, ou exigindo, a necessidade de voltar esta produção e seus resultados em benefícios para sociedade. A finalidade de uma pesquisa ou de uma produção acadêmica não deve se restringir apenas à produção de conhecimentos técnicos, mas deve estender-se também à aplicação prática do arcabouço teórico formulado. A produção científica da início das transformações na sociedade, na medida em que a ciência é a tônica do desenvolvimento social, político e econômico de uma nação. Assim a ciência e os resultados desta não são privilégios apenas do pesquisador e de sua equipe, mas torna-se um patrimônio intelectual do conhecimento humano. (GOMES & MORENO, 2006, p. 2)

Deste modo, a ideia de integralização das ciências se opõe a atual divisão cada vez mais especializada da mesma, sendo intrínseca da própria ciência advinda de uma cultura que por si já é fragmentada. (PRETTO, 1995). Compartmentalizar o conhecimento não implica em um melhor ou pior ensino. Compreendendo isto, o cerne deste trabalho surge de uma análise em um livro de química sobre o artigo original, um conhecimento científico passa por um processo para se tornar acessível em um conhecimento escolar. Segundo Lopes (1997, p.566) a construção deste conhecimento escolar surge com a noção de transposição didática enunciada por Michael Verret em 1975 e teria assim parte na construção da própria cultura escolar.

... a educação escolar não se limita a fazer uma seleção entre o que há disponível da cultura num dado momento histórico, mas igualmente tem por função tornar os saberes selecionados efetivamente transmissíveis e assimiláveis. Para isso, exige-se

um exaustivo trabalho de reorganização, de reestruturação ou de transposição didática. (LOPES 1997, p.566).

Esta reorganização e reestruturação dadas ao conhecimento científico na construção do conhecimento escolar são tratadas tanto por Lopes quanto por Brockington e Pietrocola. Ao ser ensinado, todo conceito mantém semelhanças com a ideia originalmente presente em seu contexto da pesquisa, porém adquire outros significados próprios do ambiente escolar qual será aplicado (Brockington & Pietrocola 2016, p. 388). Contudo, ambos os autores tomam o processo como potencialmente problemático, visto que a transformação destes saberes pode simplificar o conhecimento a ponto de distingui-lo completamente do verdadeiro.

Além do processo, a epistemologia do termo Transposição Didática é tratada por Lopes como errônea, pois originalmente na transposição não cabe mudanças neste processo, e é justamente o que ocorre. Com o tempo o termo passa a ser usado repetidas vezes e por isso existe nos textos de autores como Brockington e Pietrocola citados nesta pesquisa. Referencialmente Lopes usa o termo “Mediação didática” como uma maneira de melhor identificar as mudanças que neste processo ocorre.

...devemo-nos referir a um processo de mediação didática. Todavia, não no sentido genérico, ação de relacionar duas ou mais coisas, de servir de intermediário ou “ponte”, de permitir a passagem de uma coisa à outra. Mas no sentido dialético: processo de constituição de uma realidade através de mediações contraditórias, de relações complexas, não imediatas, com um profundo sentido de dialogia. (LOPES, p. 564)

Tomamos o conhecimento como ferramenta que torna as ações humanas mais assertivas, de modo que nós, em nossa sabedoria coletiva, buscamos concluir e argumentar sobre fatos que a nós ainda se apresentam como inconclusivos e duvidosos, seja para com o meio que nos rodeia ou nossa própria existência. Deste modo, ciência e humanidade se desenvolvem mutuamente. Em sua fragmentação, buscamos especificações que visam melhores metodologias de se transmitir o próprio conhecimento, como a área da pedagogia. Estes estudos se justificam no processo de transposição dos conhecimentos originados na esfera científica para torna-los compreensíveis aos seus receptores, e assim, diferentes concepções como o conhecimento escolar surgem.

Esta discussão entre termos (Mediação ou Transposição) enriquece a formação de professores, sendo estes, quando não os únicos, os principais “mediadores” em questão, as aqui tomaremos o processo por Transposição Didática. Podemos então analisar um objeto didático,

no caso o livro de Saffioti, e esta distinção que o conhecimento científico produzido por Thomson, e o conhecimento escolar advindo da reforma e reestruturação do original, registrando assim quais fatores interferem diretamente na produção deste material didático. Quais escolhas foram feitas durante esta “transposição” e o que as justifica? Em que espaço se aloca este conhecimento dentro desta fragmentação dos saberes? Assim espera-se, com a análise do experimento atomístico de Thomson no livro de Saffioti, responder a estas questões e, por fim, discutir usos e metodologias de propostas que possam melhor se relacionar as críticas de Lopes.

2. Metodologia

A pesquisa primeiramente possuía um caráter histórico, buscando analisar como o tema “experiências clássicas da atomística”, mais especificamente o trabalho de Sir J.J. Thomson, foi inserido em livros didáticos, como o Fundamentos de Química de Waldemar Saffioti (1ª edição) de 1968. No entanto, a pandemia e problemas de saúde deste autor durante o último ano dificultou o acesso a outros títulos, transferindo grande parte do foco para o trabalho de Thomson. O livro de Saffioti foi escolhido a partir de um objetivo anterior da pesquisa em analisar historicamente a inserção do conhecimento sobre o experimento de Thomson em livros didáticos de Química e Física, sendo primeiras edições visadas para tal estudo. Entretanto o livro se tornou objeto único de análise após fatores externos encurtarem prazos e recursos da pesquisa.

Esta pesquisa então se tornou o ponto de partida de uma análise da transposição didática para outros livros no futuro, e agrega parâmetros discutidos fortemente por Lopes (1997), em aspectos conceituais-metodológicos da pesquisa. Para compor a discussão desta análise, seções foram organizadas para estudo.

2.1 Procedimentos Metodológicos

Biografia do autor: Após conhecer a sua formação, suas qualificações e o que passaram no caminho para se tornar escritor reconhecido de conteúdos didáticos, ou os pontos fortes de suas obras. Em análise, a principal ligação entre seus pensamentos registrados no livro como referências em conteúdo didático, e se houve alguma transformação quanto ao artigo original, qual aparenta ser o resultado a partir dele.

Conhecimento Científico: O artigo Original do Sir J.J. Thomson é aqui traduzido e resumido por títulos originais, de forma a obtermos uma comparação mais próxima possível da origem entre este e o escrito pelo autor do livro estudado. A linguagem usada, os referenciais, a matemática, o contexto, o público-alvo, a importância de sua pesquisa e a que patamar ela elevou Thomson. Assim adquiriu-se uma visão mais abrangente sobre o experimento a ser estudado, de onde ele veio e de seu impacto.

Conhecimento Didatizado: Um estudo em debate com o anterior sobre processos que os envolvem, mesmo em nível técnico superior, conhecidos como transposição ou mediação didática.

Livros: Sabemos que as editoras têm uma influência marcante nas palavras de um livro, o contexto histórico destas instituições, em quais referências o autor possivelmente se baseou, uma perquirição sobre o conteúdo estudado (o experimento de Thomson com os raios catódicos), levantando uma visão comparável de onde o conhecimento se consolidou e onde ele chegou, seu objetivo e finalmente, a análise comparativa entre conhecimento científico e didatizado pelo autor, pontos relevantes à análise. O quadro a seguir sintetiza a estruturação da pesquisa em seções:

Quadro 1- Ordenação dos Objetos de pesquisa e tópicos a se analisar

Seções estruturais do estudo:	Descrição Geral
Conhecimento Científico X Conhecimento Didatizado	Análise sobre a necessidade de emprego de uma reformulação dentro do conhecimento, como isto se dá em diferentes âmbitos e em quais os livros estudados se encaixam. Fragmentação do conhecimento específico, propostas que integram os diferentes conhecimentos.
Os Autores	Área de atuação acadêmica, os objetivos dos autores vistos de um ponto histórico, formação acadêmica de Saffioti, produção científica, relação com o conhecimento publicado, obras.
Conhecimento Científico – O experimento de Thomson.	Tradução livre título a título resumida do artigo original relacionado ao experimento, de nome “Raios catódicos” publicado em 1897.
Análise do Livro – Conteúdo	Editoriais e contextos; nível de emprego de termos técnicos a partir do artigo original, nível de emprego da matemática usada, público-alvo, objetivos do conteúdo, adaptações perceptíveis realizadas pelo

	autor, possíveis metáforas utilizadas na TD, tendências a partir da formação do autor (que é físico e químico).
--	---

3 O Conhecimento científico x O Conhecimento Didatizado

3.1 Um panorama sobre o conhecimento

Apropriando-se da história, nos desenvolvemos como seres inteligentes que somos. Pela nossa relação com a natureza e nossa capacidade de conhecer a ela e a nós mesmos, enquanto também registramos estas análises seja de forma consciente ou não, o fato de a produção do conhecimento ser atrelada a estas ideias nos remete a pensar na epistemologia histórica que perpassa a ideia de conhecimento. Objetivamente podemos adquiri-lo por percepções ou sensações que advém do empirismo desenvolvendo o que chamamos de pensamento:

(...) a prática humana, na qual se inclui a produção do conhecimento, encerra sempre a relação entre o singular particular e o universal, sendo um fenômeno histórico, posto que as propriedades humanas subjetivas e objetivas que a comportam resultam de amplas e complexas relações do homem com a natureza. Ao transformar a natureza, o homem se transforma, desenvolvendo habilidades, criando necessidades, tornando complexa sobremaneira sua atividade vital, isto é, constituindo-se como ser prático. É na unidade articuladora entre a idéia e a ação ou entre a teoria e a prática que se efetiva a historicidade humana, concretizada no movimento de constituição da realidade social. (ARANTES & MARTINS, 2007)

Dos diferentes olhares para o conhecimento, podemos tê-lo como registros históricos que alinhados demonstram desenvolvimento, crescimento, coerência com o meio onde vivemos e funcionam como ferramenta para produzir mais de si. Podemos pensar que somos seres incompletos, e por termos consciência de sermos de tal forma, buscamos nos completar. Parte desta tarefa vem em explicar as inconsistências de nossas reflexões sobre o mundo que nos rodeia. Como mostra a teoria freiriana, nossas reflexões por vezes se mostram inacabadas, mesmo porque se um dia as inconclusões terminarem, deixaremos de concluir e assim perdemos grande parte de propósito desta pesquisa (SOUZA & CHAPANI 2013). O conhecimento para Freire não é algo acabado, mas passível de indagações e reformulações, devendo sempre passar pelo processo de reflexão crítica, para “ressignificação” e “recriação” (p. 220).

Permeando o desenvolvimento na busca por conhecermos sobre nós e meio onde vivemos, encontramos limitações dentro da capacidade de assimilação do indivíduo sobre a abrangência

a qual os estudos alcançam conforme são realizados, e assim iniciamos um processo de fragmentação dos estudos, para alcançar um patamar onde cada fração se desenvolva e se ramifique, e assim continuamos a concluir, a fazer ciência, evoluindo com ela. Para Pretto (1995, p. 10), a fragmentação da ciência advém não só da necessidade intrínseca a ela, mas também de nossa cultura que se constrói fragmentada. O conhecimento científico torna-se algo que vai se agregando a teorias em um contínuo somar construindo e edificando a ciência com bases estruturais rígidas e centenárias. (p. 30)

3.2 A integralização e apresentação do conhecimento

A especialização como meio de desenvolvimento mútuo científico, social e que acontece culturalmente de forma automática, seja pela regionalização ou outros fatores aglutinadores dentro da sociedade, em determinadas situações deve buscar integrar parâmetros mais gerais do conhecimento, sendo ponte argumentativa que retorna a origem de sua área para mais uma vez alcançar respostas a inconclusões. Isto também é defendido por Pretto (p. 18). Como um geofísico explicando a morfologia terrestre através do estudo do interior dela, algo que um geólogo talvez não compreendesse completamente mesmo sendo especialista em mapeamento.

O que vimos é que mesmo esquemas interdisciplinares de trabalho não têm por vezes levado a mais do que a criação de novas especializações, de novos domínios com problemas e terminologias mais e mais particularizastes, como é o caso da biofísica, geofísica, bioquímica, e tantos outros (PRETTO 1995, p. 18). No entanto, tentativas integradoras das disciplinas pelos professores são ainda relevantes ao ensino, diminuindo as lacunas entre estas especialidades. (...) Se as especialidades entenderem apenas a sua especialidade, sem uma visão do conjunto das relações que se estabelecem entre os diversos campos do conhecimento, provocam uma verdadeira mutilação da realidade. (PRETTO, 1995).

A pedagogia é um grande exemplo de área objetivada pelo processo no qual este conhecimento é apresentado as pessoas. Áreas como esta que estudam como o conhecimento pode ser difundido na sociedade, se justificam por exemplo, quando entendemos que o conhecimento favorece uma execução mais assertiva das atividades humanas, e por isto deve ser acessado da melhor forma possível por todos. Para Junior (2018), as teorias de Lopes e Macedo (1998) sobre a recontextualização, onde se estuda profundamente como se dá a didatização do conhecimento científico, é extremamente válida quando se estuda a transposição

didática. Sendo o “dispositivo pedagógico” aquele que regula o conteúdo/conceito a ser possivelmente “pedagogizado” e discutido na escola.

A produção de novos conhecimentos continua a ser realizada principalmente em instituições de Ensino Superior e organizações privadas de pesquisa. A recontextualização do conhecimento é realizada no âmbito do Estado (secretarias de educação, etc.), pelas autoridades educacionais, periódicos especializados de educação, instituições de formação de professores, etc. A reprodução se realiza nas instituições de educação de todos os níveis (MAINARDES E STREMEL 2011 apud JUNIOR, 2018 p. 5).

Junior (2018, p. 11) ainda nos traz uma reflexão importante, na qual a aquisição dos conhecimentos pelos alunos, no processo de transmissão escolar destes, não deve partir de uma necessidade de diminuir o nível conceitual nas abordagens, como defende Galian (2012). Neste processo acima descrito por Stremel e Mainardes (2011), podemos reconhecer esta transmissão (apresentação) de forma sistêmica, mas conceitualmente ela é mais discutida por Lopes, um dos referenciais teóricos da discussão de Junior (2018) e também desta atual pesquisa.

Assim como Junior (2018) e Galian (2012), Lopes (1997) analisa este processo com importantes conclusões epistemológicas já na sua nomenclatura. A problemática que a autora traz quanto ao processo de transposição foi discutida introdutoriamente antes, mas permeia o fato de que transpor algo, no conceito mais puro do termo, não engloba mudanças. Transposição didática então estaria mais relacionado a idealização do parágrafo anterior, de maneira em que não há uma minimização brusca que torne o conhecimento científico irreconhecível quando transmitido.

Lopes (p. 564) faz uma referência a um termo mais adequado para este processo, “Mediação didática”, como ação de relacionar duas ou mais coisas como uma ponte entre estes conhecimentos. Claramente isto não altera a problemática identificada em ambos os referenciais, na qual ao ser transmitido, o conhecimento toma forma muito distante de sua origem, não apenas por processos de absorção das teorias pedagógicas, mas por muitas vezes também por simplificações, metáforas e analogias que empobrecem o conhecimento como um todo.

A didatização não é meramente um processo de vulgarização ou adaptação de um conhecimento produzido em outras instâncias (universidades e centros de pesquisa). Cabe à escola o papel de tornar acessível um conhecimento para que possa ser transmitido. (LOPES, 1997)

Lopes atribui à escola um papel mais bem protagonizado, o de escolher como prosseguir com o uso do conhecimento, como transmiti-lo. Ela salienta a importância da escola como produtora de conhecimento e não só transmissora, sendo a didatização um processo concomitante a produção do conhecimento. Em resumo, a escola tem o objetivo explícito de ministrar uma formação científica, ao mesmo tempo que possui o objetivo implícito de formar o conhecimento cotidiano, fazer com que o aluno incorpore cotidianamente, não apenas conhecimentos científicos, mas valores e princípios de uma dada sociedade. (LOPES, 1997, p. 566). Apesar de Lopes tratar de um âmbito escolar, nada indica que esta situação não exista no âmbito do ensino superior, o qual inclusive estaria mais próximo da produção do conhecimento científico. A discussão da autora interessa ao pensamento epistemológico do processo, mesmo assim a funcionalidade do termo Transposição Didática já enraizada na cultura escolar é mais atrativa ao objetivo desta pesquisa.

4 O Autor

4.1 Os autores de livros didáticos

A vida de um autor demanda não só obter saberes necessários à escrita das obras, mas também sabedorias que implicam na transformação do conhecimento científico em didático. Historicamente, os autores de livros didáticos do fim do século XIX foram incumbidos de suas funções a partir do momento em que se tornam confiáveis a aqueles que estão no poder, mais precisamente, os políticos. Segundo Andrade (Bittencourt 1993, p. 205apud ANDRADE 2003, p. 79) (...) “O lugar de sua produção situava-se junto ao poder e era para o poder”. As figuras associadas a pessoas públicas, assim podemos chamar, eram responsáveis pela difusão do saber que corroborava para a manutenção patriótica de (...) “verdadeira ciência, valores morais, religiosos e econômicos”. Assim controlando o que hoje chamamos de saber escolar, bem como a formação dos futuros cidadãos. Tarefa esta que ainda garantia premiações aos autores que se dispusessem a produzir para áreas com maior defasagem de material didático. (ANDRADE 2003, p. 80).

Com o passar do tempo, as editoras, às quais já era conferido um papel de grande importância na produção destes livros, se tornaram também controladoras, ganhando vantagens sobre o autor, pois eram elas que escolhiam os melhores materiais dentre as obras a serem dispostas em seus catálogos e ainda mais, a realizarem o papel didático lucrativo relacionado a planos federais de compra e distribuição de material para o ensino público (ANDRADE 2003, p. 87).

Consequentemente, “o autor em geral e a especificidade do livro didático assumem diferentes conotações em cada uma das abordagens do conhecimento” (ANDRADE 2003, p. 90). Assim, não cabe tanto ao escritor a importância da confiabilidade do material, mas na dedicação da editora com todos os aspectos avaliativos, comerciais e industriais de transformar sua obra em um material competitivo o suficiente dentro do mercado que se cria neste sistema. Nada parece alterar o quadro durante as próximas décadas de desenvolvimento do material nesta competição pelo mercado. Para Andrade, a função-autor, termo primeiramente descrito por Foucault em 1979, passa neste processo a ser uma função-produtor, na qual a valorização monetária sobre o conhecimento é maior que o próprio saber(...), “nesta visão, o conhecimento é fim, e por isso, vende-se como produto a ser consumido. As editoras criam o que os clientes comprem. Se existir um mercado para o conhecimento então lá há dinheiro e assim se justifica

talvez parte do poder moderador dos editores sobre as publicações, sendo a função de um editor revisar e formatar o trabalho do escritor de forma a apresentá-lo apropriadamente.

Os objetivos dos autores do século XIX ainda existem no século seguinte, visto que a preocupação com a formação de um cidadão capaz de desenvolver-se na sociedade dela ainda é um dos principais objetivos de um professor. Indo para uma esfera mais centrada no ensino de ciências no século XX por exemplo, cabe ao autor também, enquanto pesquisador da área de ensino, a responsabilidade quanto a aspectos didático-metodológicos, obras que sejam capazes de contribuir para teorias sociológicas e epistemológicas e até filosóficas em suas obras (LOPES 1997, p.566).

Pode-se entender que mesmo no fim do século XX a preocupação com a responsabilidade social do autor era algo requerível no meio educacional, visto que o livro didático não possui então a função formadora, mas sim, de meio instrumental para alcançar objetivos de formação. Neste contexto, o aval governamental vem, em forma do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) criado em 1985 pelo Governo Federal, em que determinadas obras eram escolhidas por professores e compradas pelo governo das editoras, aumentando ainda mais uma corrida pelo mercado do livro didático.

(...)consiste na distribuição gratuita de livros didáticos para os alunos das escolas públicas de ensino fundamental de todo o país. O PNLD é de responsabilidade do Ministério da Educação (MEC) e gerenciado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), baseando-se nos princípios da livre participação das editoras privadas e da livre escolha por parte dos professores. (Menezes 2001).

Questões referentes a este tema especificamente do PNLD não são de fato enfoques desta pesquisa, mesmo pelo fato de não termos informações sobre o livro “Fundamentos de Química” de Saffioti neste programa, mesmo tendo passado pelo ensino secundário da época, tendo seu primeiro volume publicado em 1968. Mas é interessante ressaltar a importância que o livro didático adquiriu dentro deste contexto, não só dos que foram comprados pelo PNLD e movimentaram grande quantidade de dinheiro, mas também no desenvolvimento de conteúdos mais competitivos que poderiam atingir melhores avaliações dentro do mercado e o impacto disto no ensino.

4.2 Waldemar Saffioti

No tocante “In Memoriam” escrito por ex-alunos de Saffioti, podemos ter um parâmetro bibliográfico detalhado do autor, sendo este apenas um de seus vários títulos. Nascido em janeiro de 1922, na cidade de Bragança Paulista, Waldemar Saffioti iniciou sua carreira como professor no Colégio Estadual de Mogi das Cruzes aos 26 anos. Sua formação abrange diferentes áreas. Bacharelado em Química pela Universidade de São Paulo (USP) em 1942, em 1946 completou o curso de Didática na mesma faculdade, sendo licenciado em Química.

A tese de doutoramento veio em 1948 cujo título foi: "Sobre Compostos de Adição de Sulfóxidos e Selenóxidos com Aril-carbinóis". No ano seguinte, já era professor de Química e Física do “curso de oficiais da força pública de São Paulo”, sendo o professor 2º tenente da reserva de 1945. (MASSABNI, MELIOS & FRANCO, 1999).

Foi em 1950 quando lecionava no Instituto de Educação Caetano de Campos em São Paulo, que foi convidado pela Editora Nacional junto ao professor Geraldo Camargo de Carvalho a escrever livros didáticos de Química, ato que o trouxe reconhecimento pelos 600 mil exemplares vendidos nos 20 anos seguintes. Em 1952 foi aprovado no curso de Física da USP, sendo formado e, 1955. Logo depois conseguiu bolsa CNPq para se aperfeiçoar em sua nova área de interesse – Energia Nuclear. Fez estágio na “*Pennsylvania State University*” e no “*Argonne National Laboratory*”.

Após seus trabalhos como colaborador na implantação de um reator nuclear em SP, escreveu o livro “Fundamentos de Energia Nuclear”, que alcançou 4 edições. Temos então duas formações importantes para a análise inicial sobre a formação de Saffioti que integram as raízes deste trabalho. Tanto Física quanto Química são formações do professor, e isto apesar desta questão não demandar uma análise específica, claramente este fato o torna mais que capaz de produzir conteúdo integrador de ambas as áreas.

Nos anos 60, criou o curso de Química e o próprio departamento em questão da Faculdade de Filosofia e Letras de Araraquara (FFCLA). Na mesma época conseguiu outros feitos memoráveis, e um em questão que rege parte desta pesquisa, o Livro “Fundamentos de Química”:

Mesmo com todas as dificuldades, o Prof. Saffioti concluiu sua Tese de Livre-Docência, defendida em 1967. Título da Tese: "Sobre Alguns Complexos Intermoleculares Assimétricos por Ligação Protônica". Orientou 61 pesquisas de Iniciação Científica e 6 Doutoramentos; realizou mais de 100 trabalhos científicos e

de divulgação. Escreveu e publicou a obra didática "Fundamentos de Química" (Companhia Editora Nacional, 1968). (MASSABNI, MELIOS & FRANCO, 1999)

Foi estagiário no “*Centre national de la recherche scientifique*” na França em 1970, mais precisamente no laboratório de Físico-Química, estudando espectroscopias. Fundador do periódico “Eclética Química” (criado em 1979), foi eleito já aposentado como diretor do Instituto de Química de Araraquara (IQAr) da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de 84 a 88.

Vereador na década de 70 e Deputado Federal em 82, Saffioti sempre defendeu os direitos humanos. Incumbências associadas às virtudes políticas da função de autores de livros didáticos, com responsabilidades em ideais patriotas. Casado com a Prof.^a Heleieth Bongiovani Saffioti, teve apenas um filho que morreu com pouca idade. Waldemar Saffioti faleceu aos 77 anos, na cidade de Araraquara, em abril de 1999.

A seguir serão feitas algumas considerações sobre o experimento de Thomson a partir da interpretação do artigo original de 1897 (seção 5) e a sua explicação no livro didático de Waldemar Saffioti de 1968 (seção 6). Buscou-se trazer, mesmo em resumo, uma riqueza de detalhes interessantes tanto a compreensão do conhecimento original quanto a análise do livro estudado.

5 O experimento de Thomson

5.1 Um breve Histórico

O físico Michael Faraday, em 1835, iniciou estudos sobre descargas elétricas geradas por eletrodos de cargas opostas em um tubo com gases rarefeitos. Observou manchas formadas na parede do recipiente, manchas que foram projetadas por Johann Hittorf, em 1869, mostrando que as emissões do fenômeno se propagavam em linha reta, surgindo assim os raios catódicos (MOREIRA, 1997 p. 299).

Foi Willian Crookes quem aperfeiçoou o experimento atribuindo vácuo ao interior do tubo colimando melhor o feixe produzido pelos eletrodos. Este foi o precursor dos tubos de imagem como receptores de televisores, osciloscópios, telas de radares e monitores de computador. Ao fim da década de 70, havia quem atribuísse aos raios catódicos uma natureza ondulatória como consequência do éter, outros, como Crookes e J. J. Thomson, atribuíam a eles uma natureza corpuscular (WEINBERG 1933 p. 22).

Em 1895, o francês Jean Perrin concluiu que os raios catódicos são jatos de partículas e mostrou que têm carga elétrica negativa. Dois anos depois, Thomson, com vários experimentos engenhosos, confirma a natureza corpuscular e mede a razão entre a carga elétrica e a massa desses corpúsculos. Faz também a hipótese ousada de que eles estão presentes em todos os átomos e que são, portanto, constituintes universais da matéria. (MOREIRA, 1997 p. 300)

No laboratório de Cavendish da Universidade de Cambridge Thomson realizou experimentos para determinar a natureza dos raios catódicos levando-o a comprovar a existência de partículas subatômicas as quais chamava de “corpúsculos”, responsáveis pela corrente elétrica, segundo ele constituintes fundamentais da matéria. Publicou 3 artigos detalhando suas descobertas em 1897, o que o concebeu o Nobel de Física de 1906 (WEINBERG, 1993 p. 14).

O termo elétron foi proposto em 1891 pelo irlandês George Johnstone Stoney para a hipótese partícula elétrica monoatômica, e se tornou usual a partir de 1910 (MOREIRA, 1997 p. 300). O que diferenciou Thomson dos outros pesquisadores, foi que seu equipamento conseguia um excelente vácuo, possibilitando uma melhor visualização do feixe e estudos de desvios por forças elétricas e magnéticas (SILVA, SANTOS & DIAS, 2011). Os desdobramentos a partir dos artigos de Thomson mostram que as discussões antes e depois foram nitidamente alavancadas, fazendo a influência de seu trabalho atingiu em cheio áreas que

estudam a matéria, como química, física e biologia, permitindo estudos mais avançados da atomística (SILVA, SANTOS & DIAS, 2011).

5.1.1 Sir J. J. Thomson

Nascido em 1856, formado e membro por toda a vida do Trinity College, Cambridge, Joseph John Thomson foi professor de Física experimental de 1884 a 1918, sendo já em 1884 membro da Royal Society, a qual presidiu de 1916 a 1920. Seus primeiros trabalhos já envolviam modelações para o átomo (MOREIRA, 1997 p. 305), e dentre suas obras temos livros didáticos como “Aplicações da Dinâmica à Física e à Química” (1886), “Notas Sobre Pesquisas em Eletricidade e Magnetismo” 1892, “Propriedades da Matéria” (1895), “Elementos da Teoria Matemática da Eletricidade e do Magnetismo” (1895). Entre seus artigos estão aqueles que tratam das partículas subatômicas, publicados em 1897, tais como os intitulados “Descarga de Eletricidade através dos Gases” e “Raios Catódicos”.

Em 1903 finalmente apresentou seu modelo atômico, popularmente conhecido como “bolo de nozes”, associação metafórica muito criticada, mas usualmente vista no ensino básico atualmente, onde o bolo seria o núcleo atômico e as nozes estariam entranhadas nele como elétrons estáticos negativamente carregados. O Nobel de Física veio em 1906, sendo que em 1937 seu filho foi condecorado com o mesmo prêmio por trabalhos junto ao pai. Foi intitulado doutor *honoris causa* por grandes universidades por todo o mundo, tais como Oxford, Columbia, Göttingen, Edinburgh, Sorbonne e Princeton (MOREIRA, 1997 p. 306). Agraciado como cavaleiro pela coroa em 1908, recebeu o título de Sir J.J. Thomson.

Thomson perde parte de sua influência no meio científico a partir de 1913, quando suas ideias contrárias aquelas discutidas fortemente na época o deslocaram, tanto sua aversão ao estudo de um novo modelo atômico de Rutherford-Bohr, quanto a oposição ao conceito de fóton e a própria teoria quântica (MOREIRA, 1997 p. 308). Faleceu em 1940 em sua cidade natal.

5.2 Raios Catódicos, J.J. Thomson 1897

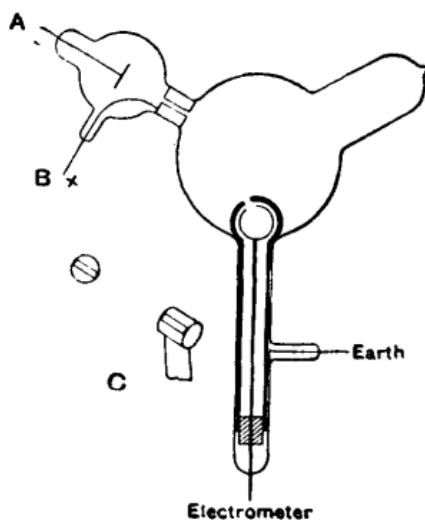
“Raios Catódicos” foi um dos 3 artigos citados por Moreira (1997 p. 298) sobre os experimentos no laboratório de Cavendish, em Cambridge. Publicado na “*The London, Edinburg and Dublin Philosophical Magazine and Juornal os Science*”, em outubro de 1897. Em notas iniciais, J.J. Thomson afirma que alguns dos pontos mostrados neste, já foram

discutidos anteriormente, no “Prossedings, vol. IX, 1897” e “Eletrician”, de 21 de maio do mesmo ano, corroborando com a afirmação de Moreira de que são 3 os artigos responsáveis pelo trabalho que o levou ao Nobel. O enfoque neste especificamente é o trabalho experimental, sendo o responsável pela discussão que levou Thomson a afirmar uma subdivisão da menor partícula até então conhecida, a qual chamou de corpúsculo. A tradução livre resumida de pontos principais levantados em cada um dos títulos de seu artigo encontra-se a seguir, acompanhado de breves análises interessantes a discussão. Ao caro leitor deixo já uma observação sobre o artigo, no qual Thomson, diferente de como o mostram livros didáticos diversos, encontrou muitas problemáticas em seu trabalho, referenciou diversos cientistas e buscou os limites de sua experimentação com indagações e teorias, algo que passa longe da visão apresentada normalmente nos estudos colegiais e universitários, mesmo compreendendo que a metodologia científica não é uma receita completa e simples de ser seguida, como vemos nos títulos a seguir.

5.2.1 Carga Transportada por Raios Catódicos

Seu texto tem início com o primeiro subtítulo: “Carga Carregada por Raios Catódicos”, introduzido com uma breve explicação do experimento de Jean Perin realizado no início do Séc. XX, sobre o qual conclui - “Este experimento prova que algo carregado com eletricidade negativa está sendo lançado do cátodo, viajando em ângulos retos, e esta coisa é defletida por um magneto” (Tradução livre - THONSON, 1897, p.294). Ele também critica algo entendido na tradução livre como teoria etérea, na qual pesquisadores se referem ao afirmar a natureza ondulatória dos raios catódicos, mesmo não podendo refutar os resultados de Perin. Este título se encerra com uma explicação detalhada de seu arranjo experimental com o eletrômetro (Figura 1), o qual posicionado corretamente mensurou a tensão gerada pela descarga elétrica após a deflexão da mesma, tendo um gás como condutor, e que em suas palavras lhe causou espanto durante as medições, as quais em algumas ocasiões, alcançaram 1,5 microfarads com 20 volts de tensão inicial nos eletrodos. É interessante ressaltar o fato de que Thomson atribui grande importância a trabalhos anteriores de outros cientistas. Em muitas obras de cunho didático não vemos discussões paralelas dentro do tema, onde Thomson se mostra como único responsável pela descoberta.

Figura 1 - Eletrômetro esquematizado por Thomson

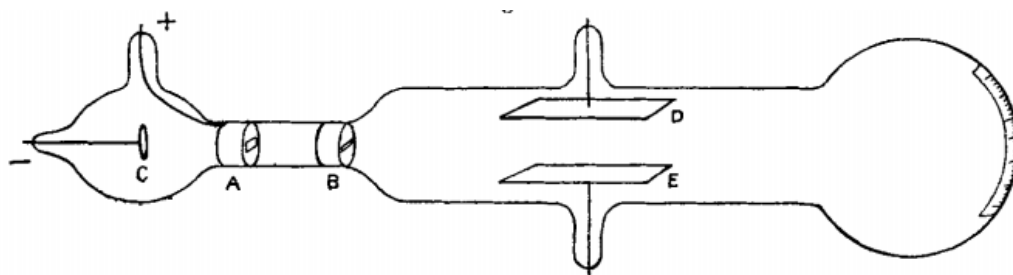


Fonte: J.J. Thomson, Raios Catódicos, p. 295. 1897.

5.2.2 Deflexão dos Raios Catódicos por Um Campo Eletrostático

Aqui Thomson traz uma problemática a ser discutida, algo que não aparece também em livros didáticos. Argumentos mais usado pela “teoria etérea”, são voltados ao fato de que não puderam observar deflexões em baixas tensões, e os resultados coincidiam com as duas teorias. Ele explica que chegou inicialmente ao mesmo resultado que Heinrich Hertz, físico alemão que posicionou pratos metálicos ligados a uma bateria ao entorno dos raios catódicos, mas não conseguiu defletir os pela baixa tensão. Entretanto com mais tentativas entendeu que a ausência da deflexão se dava pela condutividade conferida ao gás no experimento, e que não poderia usar o mesmo aparato de Hertz, por isto tomou o seguinte aparato mostrado na Figura 2. O trabalho de Hertz é um dos muitos referenciais que Thomson traz a discussão de seu texto.

Figura 2 - Tubo de Raios Catódicos esquematizado por Thomson



Fonte: J.J. Thomson, Raios Catódicos, p. 296. 1897.

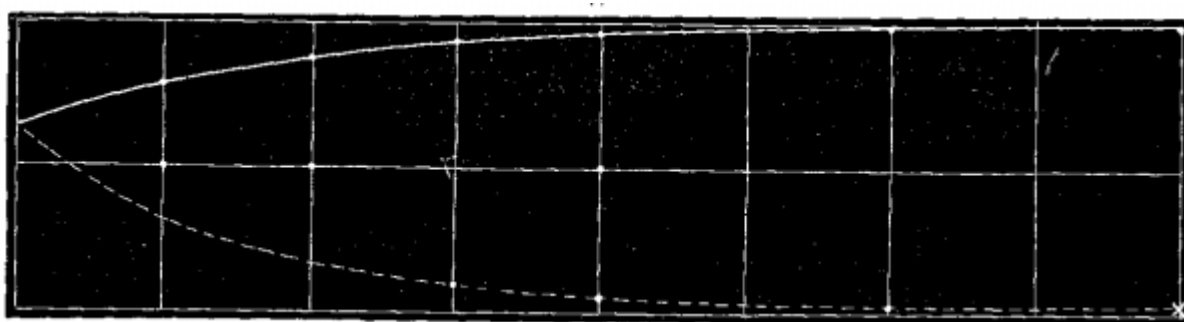
Nas palavras de Thomson – raios do catodo “C” passam pela fenda do anodo “A”, o qual é um metal ajustado ao tubo e aterrado. Passando a segunda fenda também em metal aterrado

“B”, eles viajam por dois pratos de alumínio paralelos “D” e “E”, distantes um do outro, caindo então no fundo do tubo produzindo um limitado e bem definido caminho fosforescente. Os raios foram defletidos quando as placas foram conectadas aos terminais de uma bateria (Tradução livre - THOMSON, 1897, p295 - 297). Com o vácuo, foi possível a Thomson defletir os raios mesmo com apenas 2 volts, também observando que a altas tensões, faixas separadas surgem com fendas escuras, assim como observado por Kristian Birkeland que nomeou o fenômeno de Espectro Eletromagnético. Neste momento, já conclui neste título que a deflexão é diretamente proporcional a pressão, e inversamente proporcional a diferença de potencial.

5.2.3 Condutividade de um gás durante a passagem de raios catódicos

Nesta parte do artigo, já é explicado o arranjo para as medições, sendo que um eletrômetro (Figura 1) é conectado a E (Figura 2). A pressão do gás determina os limites do aparato. A relação entre a corrente dentre os pratos e a diferença de potencial (ddp) inicial foi mostrada no artigo pela Figura 3, na qual a abcissa representa a ddp inicial entre os pratos, cada seção equivale a 2 volts, e a ordenada o aumento do potencial da placa em um minuto. A curva crescente e decrescente, descrevem quando o negativo é ligado em E ou D (Figura 2). É mais uma vez perceptível pelas pesquisas que livros comuns não tragam análises gráficas, algo estudado originalmente.

Figura 3 - Curvas resultantes da relação Corrente e DDP inicial nos pratos encontrada por Thomson.



Fonte: J.J. Thomson, Raios Catódicos, p. 298. 1897.

Suas conclusões a partir disto são de que, assim como raios Röntgen, raios de Urânio, a luz ultravioleta, e agora como sabe, os raios catódicos, o valor da corrente passando pelo gás é ligeiramente afetado pela ddp entre as placas. Também chama atenção ao fato do plug A e B, e das placas D e E, serem melhores condutores que o gás. Assim nas páginas 299 e 300, Thomson

finaliza este tópico analisando situações de alta e baixa ddp (entre 400 e 20 V), e conclui mais uma vez que é possível produzir uma descarga elétrica em um gás com baixa ddp, usando a correta pressão. Aqui a problemática de Hertz é resolvida pelo cientista, algo memorável, mas tratada como algo linear sem discussões na apresentação didática deste conteúdo.

5.2.4 Deflexão Magnética nos Raios Catódicos em Diferentes Gases

O estudo sobre a deflexão dos raios pelo campo magnético é realizado pelo aparato da Figura 4, o qual mostra um cátodo em um tubo lateral ligado a uma redoma em forma de sino vedados por um conector metálico com uma fenda, este usado como anodo e aterrado. Thomson descreve – Os raios passam pela fenda no conector para dentro da redoma, chegando a um prato vertical de vidro com pequenos quadrados que possibilita uma melhor visualização da dispersão.

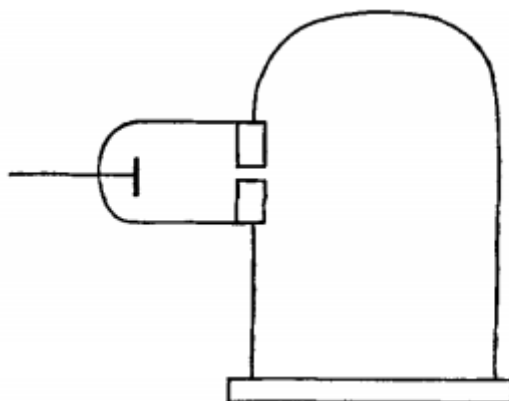
Vale ressaltar que as pesquisas do tema na plataforma Google Scholar, até então não mostraram fontes em língua portuguesa ao menos, sobre o uso de outros arranjos experimentais por Thomson, que mais uma vez nos leva a concluir que o processo de didatização, por ter outros objetivos, não engloba metodologia histórico-científica que origina o conteúdo. O foco conhecido como didático apresentar-se comumente apenas pelo resultado e não o processo. Entretanto, percebemos uma preocupação de Thomson em seu artigo quanto ao conhecimento de processos advindos de pesquisas de outros cientistas, por tanto podemos entender que, em grande maioria, os processos de transposição didática ocorrem visando apenas a habilidade de compreender como chegar a resultados experimentais, e não em como analisar processos e metodologias científicas.

Sobre isto, podemos recorrer à Lopes:

Ensinamos apenas o resultado, não o processo histórico de construção do conceito, portanto, retiramo-lo do conjunto de problemas e questões que o originaram. Por outro lado, existe uma tendência didática, melhor dizendo, um didatismo, que considera necessário chegar ao abstrato a partir do concreto, a fim de se tornar um conceito assimilável, o que só reforça a continuidade com o senso comum. Desta forma, ao invés de construirmos modelos de compreensão da racionalidade científica, tentamos aproximar os conceitos científicos da racionalidade do senso comum, incorporando-os em uma matriz eminentemente realista e empirista. Como a ciência se constrói em rompimento com o senso comum cotidiano fatalmente incorremos em distorções do conhecimento científico. Tais distorções, de uma maneira geral, estão associadas à utilização de um sem-número de metáforas e analogias. (LOPES, 1997. P. 564)

Continuando com aperfeiçoamentos empíricos, Thomson agora traz ao seu estudo um aparato de Helmholtz. A redoma é colocada entre duas bobinas paralelas, como o galvanômetro de Helmholtz, explica Thomson (p. 300). Através de fotografias, determina-se o curso dos raios. Observou que antes da ação magnética, os raios catódicos se espalhavam pelo prato, com uma luminosidade dispersa, e o caminho gerado pelo espectro discutido por Birkeland, independe da natureza do gás quando se tem uma determinada tenção comum a determinado campo magnético. Hidrogênio, ar, ácido carbônico e iodeto de metila, foram usados em forma de gás, com maior pressão possível. Resultado como este, discutidos em cima das inconclusões de Birkeland e finalmente argumentados por Thomson são notoriamente importantes a uma explanação do desenvolvimento científico. Mais uma vez em seus estudos ocorre de respostas antes necessárias a outros cientistas serem encontradas e comporem sua prática, sem eles talvez Thomson jamais encontrasse a relação carga massa do elétron.

Figura 4- aparato experimental de Thomson para estudo da deflexão pelo campo magnético



Fonte: J.J. Thomson, Raios Catódicos, p. 301. 1897.

Os raios catódicos são negativamente carregados, influenciados pelo campo eletrostático, e pela força magnética que age como se um *corpo* negativamente carregado estivesse no caminho dos raios. – Assim não vejo escapatória da conclusão de que eles são cargas elétricas negativas carregadas por partículas de matéria. (THOMSON, 1897. p 302). O professor indaga sobre o que seriam estas partículas, talvez uma subdivisão da matéria? Percebemos neste ponto do artigo que a indagação feita por Thomson o levou a buscar conclusões para esta teoria, assim a partir de então ele busca relacionar a suposta massa destas partículas ao fenômeno, e melhor elucidar estas questões. Buscando como veremos a seguir argumentações matemáticas para se correlacionar as quantizações possíveis do fenômeno estudado. Usou dois métodos independentes para estudar sua teoria, sendo que o primeiro, considera um raio catódico homogêneo. “*m*” corresponde a massa de cada partícula e “*e*” a carga carregada por ela. “*N*” o

número de partículas e “ Q ” a quantidade de eletricidade carregada por elas. Vale ressaltar que as fórmulas aqui apresentadas são exatamente as descritas no artigo.

$$Ne = Q \quad (1)$$

Poderia medir Q se conectasse um eletrômetro no aparo – discute Thomson. Se os raios colidissem com um corpo sólido haveria variação de temperatura, a energia cinética “ W ” das partículas se converteria em calor. Sabendo a capacidade térmica deste corpo, medindo a variação da temperatura e considerando “ v ” a velocidade da partícula é possível escrever a seguinte relação:

$$\frac{1}{2} Nmv^2 = W \quad (2)$$

Tendo “ ρ ” como o raio da curvatura do caminho dos raios catódicos em um campo magnético uniforme nomeado por Thomson de “ H ”, e indicando essa relação por I :

$$\frac{mv}{e} = H\rho = I \quad (3)$$

Com isso, Thomson chega na seguinte relação:

$$\frac{1}{2} \frac{m}{e} v^2 = \frac{W}{Q} \quad (4)$$

$$v = \frac{2W}{QI} \quad (5)$$

$$\frac{m}{e} = \frac{I^2 Q}{2W} \quad (6)$$

Concluindo destas relações, que sabendo os valores de “ Q ”, “ W ”, e “ I ”, podem ser encontrados os valores de v , e m/e . Usando 3 diferentes tubos, Thomson detalha nas páginas seguintes como mensurou cada uma das medidas acima necessárias para encontrar a relação carga-massa e a velocidade das partículas, dê de a variação da posição dos raios catódicos defletidos pelo campo magnético para encontrar o raio formado por eles, até os ajustes necessários no arranjo para atender aos limites de capacidade elétrica e atmosférica. Esta leitura não será detalhada mais a fundo neste trabalho, pois assim como o objetivo pedagógico não necessariamente abrange aferições experimentais da época, não se espera encontrar menções em livros didáticos como o analisado em títulos mais a frente, mesmo pois os aparatos

atualmente são mais tecnológicos e precisos, a não ser que a pesquisa se dê por aferições com os mesmos aparatos da época da descoberta, estudos que até então não foram encontrados.

Thomson descobre já no primeiro tubo (Figura 2), que a uma mesma pressão gasosa, “ Q ” e “ W ” são proporcionais quando os raios não são muito longos. “O segundo tubo, de modelo como o da Figura 4, tinha uma visualização muito boa, permitindo medidas mais precisas, mesmo com outras complicações. No terceiro, de modelo igual ao primeiro, mas com um pequeno furo no lugar das fendas, o fenômeno se mostrou mais sensível, sendo reduzido” (p. 303). A tabela de resultados de Thomson nestes testes pode ser encontrada no ANEXO 1. Diferentes materiais nos eletrodos demonstraram diferentes aparências nos raios e apesar desta diferença também modificarem o valor de v , os de m/e continuaram segundo ele inalterados.

Thomson usa um segundo método diferente para quantizar v e m/e , o qual consiste na deflexão dos raios catódicos por um escudo eletrostático. Segundo ele, medindo a deflexão dos raios dada por um determinado comprimento sob intensidade elétrica uniforme, e a mesma distância, mas sendo a deflexão causada por um campo magnético uniforme, tendo F a intensidade elétrica, e l o tempo que leva para a defletirem por este comprimento dado por l/v assim a velocidade seria:

$$\frac{F}{m} \frac{l}{v} \quad (7)$$

Assim, sendo θ o ângulo de deflexão na região livre de forças do tubo, dado por:

$$\theta = \frac{Fe}{m} \frac{l}{v^2} \quad (8)$$

Agora, se ao contrário da intensidade elétrica, estiver agindo sobre os raios uma força magnética H , perpendicular ao raio percorrendo a distância l , a velocidade por ângulos retos para o caminho original dos raios seria dada por:

$$\frac{Hev}{m} \frac{l}{v^2} \quad (9)$$

Tendo agora ϕ como o ângulo dos raios que deixam o campo magnético, dado por:

$$\phi = \frac{He}{m} \frac{l}{v} \quad (10)$$

Destas equações Thomson escreve:

$$v = \frac{\phi}{\theta} \frac{F}{H} \quad (11)$$

E

$$\frac{m}{e} = \frac{H^2 \theta l}{F \phi^2} \quad (12)$$

Nos experimentos pôde-se ajustar “ H ”, assim tornando $\phi = \theta$:

$$v = \frac{F}{H} \quad (13)$$

E

$$\frac{m}{e} = \frac{H^2 l}{F \theta} \quad (14)$$

O aparelho usado agora para mensurar v e m/e é representado na Figura 2 desta pesquisa e do artigo, onde o escudo eletrostático é produzido por pratos de alumínio conectados a uma bateria. A deflexão medida pela escala colocada no fim do tubo, tendo melhor visibilidade em uma sala escura. O campo magnético é produzido por duas bobinas do lado de fora do tubo (Figura 10) perpendicular a direção do raio. Thomson detalha como produziu um campo uniforme com duas bobinas e um galvanômetro. Foi ajustado de forma que a deflexão magnética fosse a mesma da elétrica, assim foi gerada a Tabela 1 representada no artigo:

Tabela 1 - Resultados encontrados pelo segundo método experimental de Thomson

Gas.	θ .	H.	F.	l .	m/e .	v .
Air	8/110	5.5	1.5×10^{10}	5	1.3×10^{-7}	2.8×10^9
Air	9.5/110	5.4	1.5×10^{10}	5	1.1×10^{-7}	2.8×10^9
Air	13/110	6.6	1.5×10^{10}	5	1.2×10^{-7}	2.3×10^9
Hydrogen	9/110	6.3	1.5×10^{10}	5	1.5×10^{-7}	2.5×10^9
Carbonic acid...	11/110	6.9	1.5×10^{10}	5	1.5×10^{-7}	2.2×10^9
Air	6/110	5	1.8×10^{10}	5	1.3×10^{-7}	3.6×10^9
Air	7/110	3.6	1×10^{10}	5	1.1×10^{-7}	2.8×10^9

Fonte: Raios Catódicos – J.J. Thomson, 1897 p. 309

O catodo nas primeiras 5 execuções foi do material alumínio, nas últimas 2, platina. Na última experiência – Thomson ainda relata que o método de Sir William Crookes foi adotado, colocando enxofre triturado, iodeto de enxofre e limalha de cobre entre o Tubo e a bomba. Novamente ele não estava sozinho no desenvolvimento da pesquisa como apontam muitos livros. Este segundo método de estudo da carga massa e velocidade da partícula é descrito como muito mais preciso e menos trabalhoso, entretanto não suporta uma grande variação de pressões.

É interessante a comparação que o Thomson faz entre a ordem do valor de m/e encontrado (10^{-7}) e o valores encontrados na eletrólise do hidrogênio (10^{-4}), até aquele momento o menor conhecido, e então superado, sendo este valor diminuto o resultado de uma diminuta massa, ou mesmo uma grande carga, ou a combinação de ambos, escreve Thomson (p. 301). – Mais uma vez um registro do desenvolvimento da ciência que passa longe dos conteúdos didáticos – Neste mesmo parágrafo, traz ao texto um fato descoberto também por Phillip Lenard (húngaro nacionalizado alemão de fortes ideologias nazistas preciso dizer), o qual também deduziu que a distância que os raios percorrem, antes do efeito fosforescente desaparecer, depende somente da densidade do meio e não da substância química. Podemos dizer que aqui Thomson assim como nós buscou referenciais quantos foram possíveis para embasar seus achados e justificar suas ações. Mesmo que a representação na escrita acadêmica fosse muito diferente no passado.

Assim surgem dois pontos fundamentais sobre estes “transportadores de carga negativa”: 1 – Independem do gás no qual a descarga passa. 2 – A média da variação do caminho de deflexão depende apenas da densidade do meio. Para corroborar com estes fundamentos, começa uma discussão citando William Prout, médico e químico que formulou a hipótese na qual todos os elementos químicos são formados por diferentes agregados de átomos do mesmo tipo - hidrogênio. Ele diz que nesta forma esta ideia não se sustenta, mas se trocar hidrogênio por uma substância primordial desconhecida “X”, não haveria nada conhecido que desse inconsistência a ela. Exemplifica rapidamente e sem detalhes uma situação parecida com Sir Norman Lockyer com razões derivadas dos espectros estelares.

Se, no campo elétrico muito intenso na vizinhança do cátodo, as moléculas do gás são dissociadas e são divididas, não nos átomos químicos comuns, mas nestes átomos primordiais, que Thomson diz chamar por brevidade de corpúsculos; e se esses corpúsculos fossem

carregados de eletricidade e projetados do cátodo pelo campo elétrico, eles se comportariam exatamente como os raios catódicos (THOMSON, 1897. p 311).

Isso evidenciaria a independência da natureza e da pressão gasosa, pois estes corpúsculos são os mesmos independente do gás, e o caminho percorrido novamente dependeria apenas da densidade do meio – Escreve Thomson. É explicado ainda que, colisões não estão entre o corpúsculo e a molécula, mas entre este individual e outros que formam a molécula, e a quantidade destas colisões depende do número de corpúsculos individuais.

O caminho livre médio é inversamente proporcional ao número de colisões em unidade de tempo e, portanto, é inversamente proporcional ao número de corpúsculos em unidade de volume – Descreve Thomson; agora como esses “corpúsculos” são todos da mesma massa, o número de corpúsculos em unidade de volume serão proporcionais à massa de volume unitário, ou seja, o caminho livre médio será inversamente proporcional à densidade do gás(p. 312).

Vemos, também, que desde que a distância entre corpúsculos vizinhos seja grande em comparação com as dimensões lineares de um corpúsculo, a média o caminho livre será independente da forma como são organizados, desde que o volume unitário permaneça constante, isto é o caminho livre médio dependerá apenas da densidade do meio percorrido pelos corpúsculos, e será independente de sua natureza química e estado físico: consideração feita por Lenard, através de medições muito notáveis da absorção dos raios catódicos e publicada por vários meios de comunicação - deve ser uma propriedade possuída pelos portadores de carga nos raios catódicos. (Tradução livre – LENARD apud THOMSON, 1897. p 312.)

Assim Thomson conclui que, a natureza da matéria nesta visão, é um novo estado, um em que a subdivisão vai além apenas do estudo dos gases, mas do modo como todos os elementos químicos são constituídos. Com seus aparelhos de magnitude comum, Thomson entende que é quase impossível estudar as propriedades químicas desta subdivisão. Em uma página discorre sobre a ideia de moléculas serem unificadas pela força eletrostática produzida por este, discorrendo também sobre o momento elétrico deste estado. – São registros do próprio modelo surgindo nos pensamentos dele, que podemos acessar neste artigo e vislumbrar discussões que hoje sabemos são importantíssimas ao desenvolvimento científico em diversas áreas.

Thomson, entende que se considerar um “átomo químico” como um agregado de “átomos primordiais”, a estabilidade se daria pela mesma lei de força. Cita Roger Joseph Boscovich, segundo Thomson, afirmando que a força entre eles é de repulsão depois de atingirem uma distância crítica, mas mantêm-se unidos por uma força central. Ele lamenta a infelicidade de não poder realizar uma investigação matemática geral sobre o número de partículas, mas as leis

gerais que as regem em suas configurações podem ser assimiladas a estruturas simples, como o estudo com ímãs flutuantes de Meyer (THOMSON, p.312).

Thomson descreve que neste estudo os ímãs se organizam em equilíbrio sob sua mútua repulsão e uma atração central, causada pelo polo de um grande ímã colocado acima dos ímãs flutuantes, com 5 flutuantes a organização foi um pentágono, com 4 um quadrado, assim por diante (p. 313). Com mais de 5 flutuantes, os arranjos se dividiam em 2 sistemas, como um no meio rodeado por outros 5 no experimento com 6 flutuantes. Até 18, os dois sistemas permanecem, tornando-se 3 sistemas com mais que isso, e assim sucessivamente.

O arranjo magnético encontrado por Meyer foi dado na página 314, onde por exemplo: 1, 6, 10, 12 significa um arranjo de 1 ímã no centro, um anel de 6 a sua volta, depois um anel de 10, e então um último de 12. (Anexo 2)

O capítulo termina considerando que tomando as propriedades dos conjuntos (Anexo 2), temos a possibilidade de associar o número de ímãs ao peso atômico, a primeira série em arranjos de 2 grupos, a segunda em 3, a quarta em 4 grupos e assim por diante, organizando também os elementos de acordo com a proporcionalidade encontrada para o peso atômico de cada um em grupos – assim argumentando a associação do corpúsculo a novo modelo atomístico da matéria teorizado por ele em anos posteriores.

5.2.5 Velocidade dos Raios Catódicos

Neste título apenas trazemos uma breve descrição dos resultados e conclusões finais de Thomson. Podemos observar as preocupações e problematizações atribuídas a ele frequentemente para com sua prática, desta vez, descrevendo a própria metodologia científica embasada em investigação e análise de dados. Segue assim o texto:

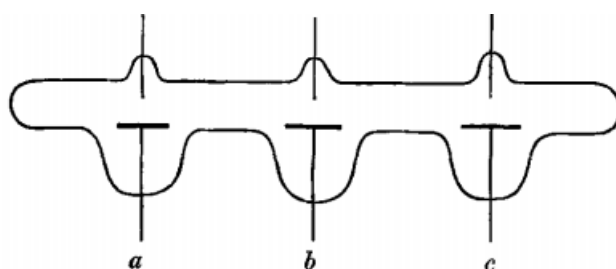
A velocidade dos raios catódicos é entendida por Thomson como variável, dependendo a diferença potencial entre o cátodo e o ânodo, o que é uma função da pressão do gás. A velocidade aumenta conforme a exaustão melhora. – As medidas fornecidas acima mostram, no entanto, que em todas as pressões a que os experimentos foram feitos a velocidade excedeu 10^9 cm/s . Esta velocidade é muito maior do que o valor 2×10^7 que eu anteriormente obtido por Lenard em 1894, medindo diretamente o intervalo que separou o aparecimento da luz em dois lugares nas paredes do tubo situados em distâncias diferentes do cátodo (p. 315).

Thomson atribui a diferença entre os resultados previamente estudados por outros cientistas e o dele, ao fato de o tubo ser “bombardeado” pelos raios por um tempo limitado, de forma a acontecer antes da fosforescência, com o tempo diminuto dependendo da intensidade atribuída ao experimento. Um atraso na luminescência do fenômeno pôde mostrar que a velocidade encontrada é menor que a verdadeira. Segundo Thomson, os experimentos anteriores buscavam diminuir este efeito, fazendo os raios atingirem uma maior distância entre o cátodo e o vidro, diminuindo a obliquidade dele. Em vista, no entanto, da discrepância entre os resultados obtidos neste método e aqueles obtidos pelo método posterior, Thomson acha que não teve sucesso em eliminar o atraso causado pelo tempo finito exigido pelo gás para acender.

5.2.6 Experiências com eletrodos de diferentes materiais

Para melhor embasar sua prática, sua experimentação e seus resultados, cientistas buscam variar elementos para definir possíveis limites ou até reforçar sua prática, Thomson realiza isto no seu último capítulo. Nos experimentos deste artigo, alguns eletrodos foram de alumínio, outros ferro e platina. Embora o valor de m/e permanecesse o mesmo, a aparência das descargas variou grandemente, e conforme mostram as medições, o potencial entre o cátodo e o ânodo depende da ddp entre os eletrodos, a pressão sendo a mesma em ambos os casos. Para testar este ponto, Thomson usa um tubo (Figura 5), onde a, b e c são cátodos diferentes e os ânodos são sempre platinas.

Figura 5- Teste de uso de diferentes materiais em eletrodos de Thomson



Fonte: J.J. Thomson, Raios Catódicos, p. 316. 1897

Os cátodos eram discos de alumínio, ferro, chumbo, estanho, cobre, mercúrio, amálgama de sódio e cloreto de prata; a diferença de potencial entre o cátodo e o ânodo foi medida pelo voltímetro vertical de Lorde Kelvin – Descreve Thomson. A ddp e a centelha entre o ânodo e o cátodo dependeu muito da natureza do cátodo. A variação de ddp pode ser vista na seguinte tabela a seguir, onde vemos a relação do material do cátodo e a ddp entre os eletrodos:

Tabela 2 – Relação entre o material do cátodo e a ddp

Cathode.	Mean Potential-Difference between Cathode and Anode.
Aluminium	1800 volts.
Lead	2100 „
Tin	2400 „
Copper	2600 „
Iron.....	2900 „

Fonte: J.J. Thomson, Raios Catódicos, p. 317. 1897

A diferença de potencial quando o cátodo era feito de amálgama de sódio ou cloreto de prata era menos uniforme que o de alumínio – Relata Thomson. A ordem de muitos dos metais mudou muito, experimentos feitos em intervalos de alguns minutos frequentemente dando resultados bastante diferentes. “Tamanha a forma como essas mudanças ocorrem, estou inclinado a pensar que o gás absorvido pelo eletrodo tem uma influência considerável na passagem da descarga”(p. 216). – É intrigante ver que em seus pensamentos finais de um artigo tão importante para a ciência, Thomson carrega inconclusões sobre pontos de sua teoria. Onde antes parecia que a natureza dos gases não influenciava experimentalmente em parâmetros como o da massa carga, agora a capacidade elétrica deles gera a necessidade de ainda mais estudos.

Como última frase posterior a estas observações, Thomson agradece Mr. Everitt pela ajuda na pesquisa e uma referência – Cambridge, 7 de agosto de 1897.

6 Análise: Fundamentos da Química 1º Volume – W. Saffioti

Obra da Companhia Editora Nacional, fundada em 1925 após a falência da empresa de Monteiro Lobato e Octalles Marcondes, de nome Graphico Editora Monteiro Lobato (MORAES, 2016 p. 66). Em 1869 publicou o Livro de Waldemar Saffioti intitulado: Fundamentos de Química – 1º Volume, Química Geral, Inorgânica e Físico Química.

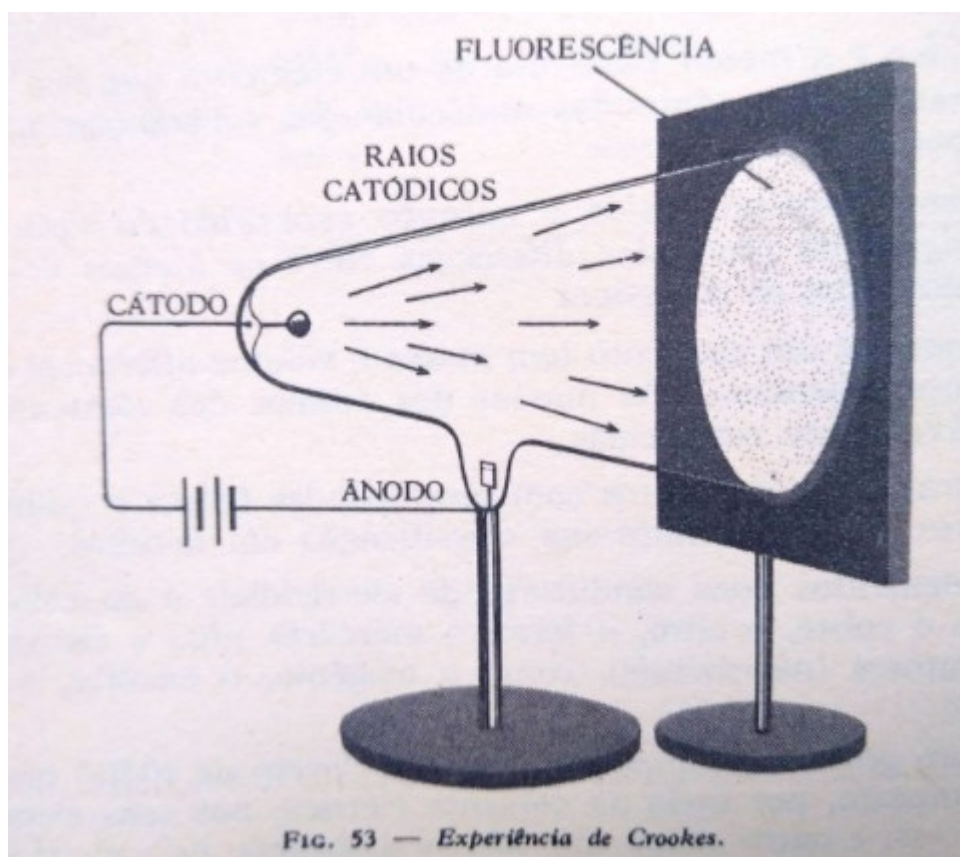
6.1 O experimento de Thomson abordado por Saffioti

Neste livro, o tema se encontra no Capítulo 9 – Estruturas Atômicas (primeira parte), na página 153. O título dado a seção interessante a nós, é “Raios Catódicos” (p. 154), o qual é o mesmo título do artigo de Thomson anteriormente estudado. A organização dada se apresenta por uma introdução histórica seguida por 7 subtítulos, sendo eles: “Natureza elétrica dos raios catódicos”, “Experiências de Thomson”, “Cálculo da carga q e da massa m do próton”, “Espectrógrafo de massa”, “Fenômeno da Isotopia”, “Experiência de Millikan” e “Efeito termoelétrico e efeito fotoelétrico”. Seguindo para a seção seguinte, de nome Radioatividade.

Nesta introdução, o livro põe um fato intrigante. As primeiras palavras são: “*Já em 1891 o físico Stoney, ao examinar as interações então conhecidas entre a eletricidade e a matéria, admitia a existência do elétron, como uma entidade discreta e unitária de eletricidade, (...)*” (SAFFIOTI, p. 154). George Johnstone Stoney não foi citado uma única vez no artigo sobre os raios catódicos de Thomson, talvez pelo fato de que, apesar da nomenclatura posteriormente adotada para a partícula, havia muitos físicos que admitiam a natureza corpuscular dos raios catódicos.

O texto segue dispondo fatos como os estudos de Crookes com tubos de gases rarefeitos (Figura 6), e como ele dispôs seu arranjo experimental, dando ao fenômeno o nome de raios catódicos. É perceptível como poderemos ver na sequência de ilustrações do livro um desenvolvimento experimental condizente com o estudo histórico que fizemos anteriormente no tópico 3.1 – Um breve histórico, indicando que Thomson não apareceu com o experimento subitamente e sim foi precedido de muitos estudos e descobertas, é algo aparentemente raro em pesquisas sobre a descoberta do elétron.

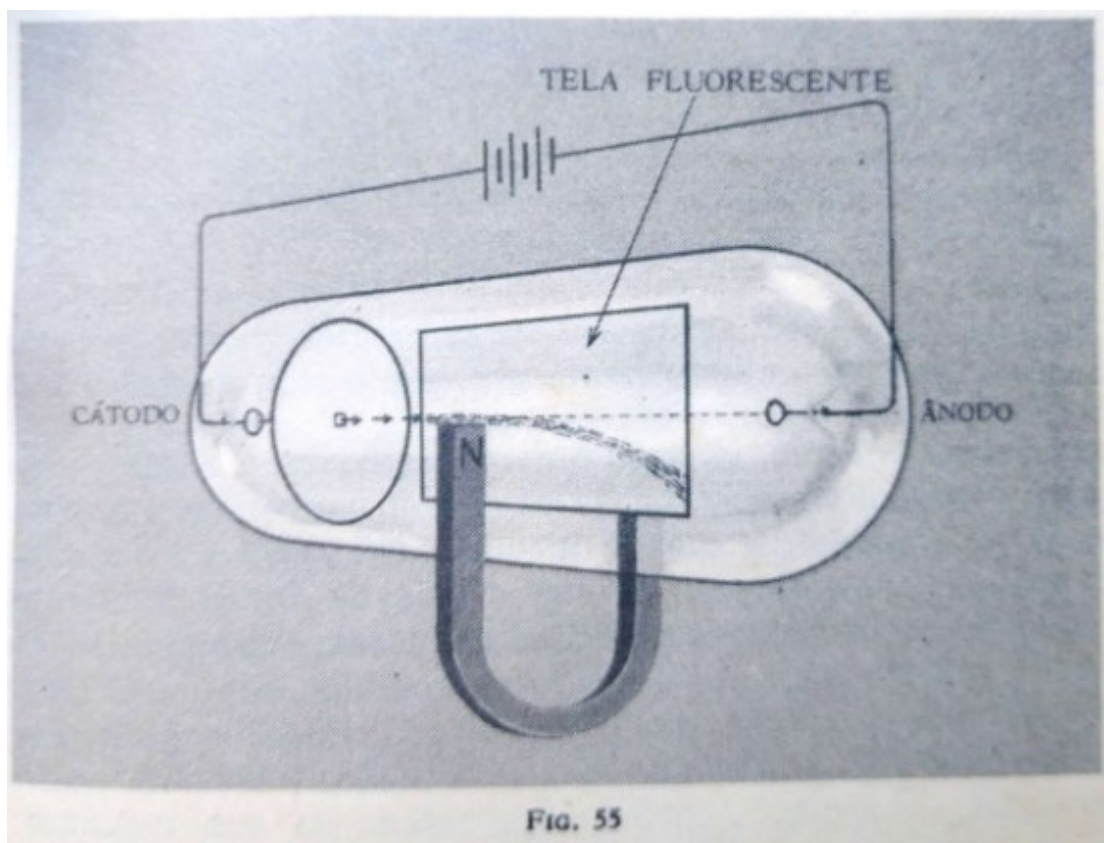
Figura 6- Experiência de Crookes



Fonte: SAFFIOTI, 1968, p. 154.

Já o subtítulo seguinte, que antecede ao experimento de Thomson – Natureza dos raios catódicos – inicia seu texto da mesma maneira que Thomson iniciou seu artigo, algo muito intrigante. Enfatiza o trabalho de Perrin (Figura 7) na modificação dos tubos de raios catódicos de Crookes, explanando em alguns passos as modificações que possibilitaram um melhor estudo da natureza do fenômeno. O trabalho dele possibilitou a percepção do fato de que os raios que partiam do cátodo em direção ao ânodo eram sensíveis a um campo magnético, por serem defletidos no momento da exposição. Nota-se que no artigo, Thomson atribui grande importância ao trabalho de Perrin, não detalhando as modificações que ele realizou no aparato experimental, mas analisando as conclusões que ele tirou a partir deste.

Figura 7 - Tubo de Crookes com alterações de Perrin



Fonte: SAFFIOTI, 1968, p. 155.

Podemos observar quanto a preocupação descrita anteriormente por Lopes (1997) quanto a didatização dos conhecimentos científicos não englobar conteúdos histórico metodológicos que originaram o conceito. O livro de Saffioti claramente se apresenta como uma exceção a esta observação, pois introduz um desenvolvimento experimental de forma a valorizar o trabalho de nomes também importantes para as descobertas realizadas por Thomson. Por exemplo o livro Tipler / 2ª Física (1984) já vemos um tratamento diferente do experimento de Thomson, tratado como uma exemplificação para o tema “Movimento de uma Carga Puntiforme num Campo Magnético”. Nesta obra por exemplo, apenas os resultados do trabalho de Thomson são descritos, e a origem da matematização que envolve a relação carga massa.

Voltando ao livro de Saffioti, chegamos enfim ao Experimento de Thomson, o qual possui um espaço considerável comparado aos outros subtítulos da seção. É dito que Thomson fez outras várias modificações no tubo de Crookes, o que podemos concordar ao ler seu artigo. Destas modificações, o livro detalha:

a) Reduzir ao mínimo a distância entre o cátodo e o ânodo, onde ao segundo é adicionado um furo no centro (p. 156) – A ilustração das modificações foi esquematizada na Figura 8,

podemos ver nesta que, apesar de ditas várias modificações, descreve apenas um tipo de arranjo usado por Thomson. Isto não seria de fato um problema se considerarmos um texto mais objetivo, entretanto segundo o artigo, o modelo mais bem representado (Figura 1) usa fendas e não furos no ânodo. Podemos entender que a ideia de colimar os raios através de um furo veio pelas modificações de Perrin, o próprio livro mostra esta configuração ao detalhar seu trabalho (p. 155), ilustrado na Figura 7. Thomson transferiu esta modificação diretamente para o ânodo. Voltando ao seu artigo, em um de seus três diferentes tubos ele usou furos, e em outro fendas, onde nas fendas, Thomson diz:

O terceiro tipo de tubo era similar ao primeiro, exceto pela abertura dos cilindros eletrodos ser feita muito menor. Neste tubo, as fendas nestes cilindros foram substituídas por pequenos furos de cerca de 1,5 milímetros de diâmetro. Como consequência de as aberturas serem tão pequenas, a magnitude dos efeitos foi muito reduzida, chegando a apresentar resultados miseráveis, sendo necessário reduzir a capacidade do condensador no interior do cilindro. (Tradução livre - THOMSON, 1897. p 305)

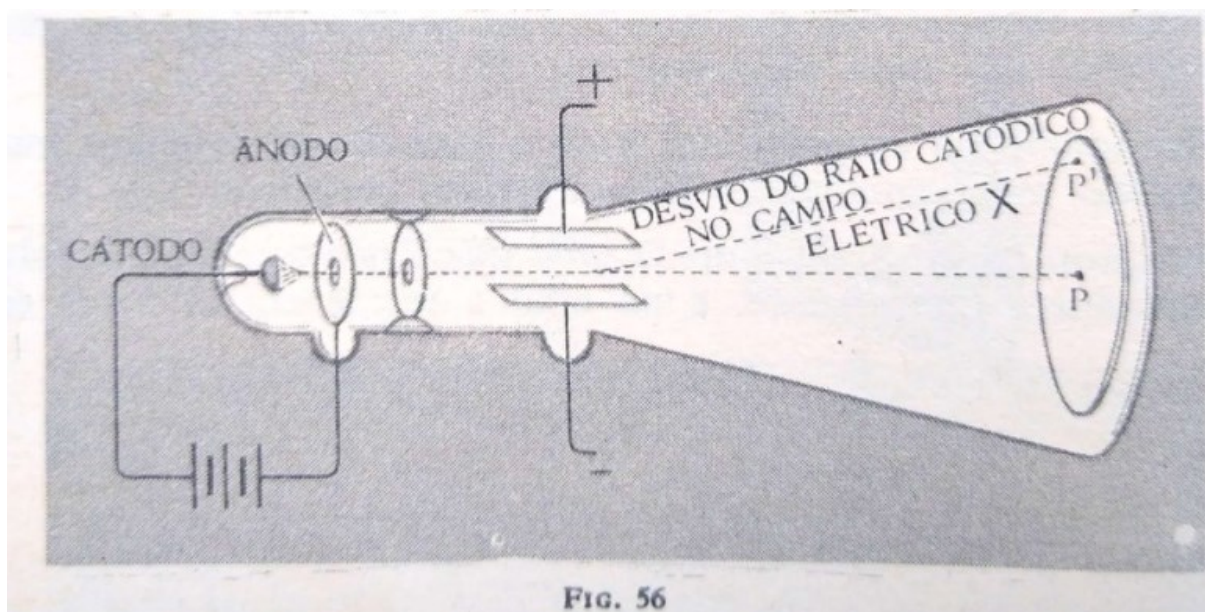
Neste temos uma observação importante sobre a baixa magnitude do fenômeno quando observado por Thomson usando furos no ânodo, o que resulta na necessidade de diminuir parâmetros para o estudo, e vemos pelo ANEXO 1 que houve poucos resultados registrados para este tipo de tubo, mesmo o livro ilustrando não somente uma, mais duas vezes as experiências de Thomson com furos e não fendas, e ainda descrevendo esta modificação como sendo a única realizada por Thomson.

Imagina-se que esta representação foi usada apenas como uma simplificação para o objetivo didático, sem intenções de reprodução experimental por parte do público-alvo, os alunos. Entretanto Lopes (1997) e Pretto (1995) destacam pontos importantes quanto a simplificações, metáforas e analogias, as quais usadas incorretamente podem, segundo os autores, distinguir completamente o conhecimento científico do escolar. Não temos como conhecer os referenciais de Saffioti, mas podemos dizer que alguma coisa se modificou de forma talvez superficial, que pode ocorrer novamente com autores que busquem referências em Saffioti.

b) Posicionou duas placas metálicas mais a frente, as quais produziam um campo elétrico no livro tratado como X, vertical aos raios catódicos, onde a diferença de potencial é variada

(Figura 8). – Vemos isto claramente nos arranjos de Thomson descritos no artigo, com um campo elétrico variado posicionado de forma a ser perpendicular a passagem dos raios.

Figura 8 - Esquematização do livro de Saffioti sobre o aparato experimental de Thomson evidenciando o campo eletrostático



Fonte: SAFFIOTI, 1968, p. 156.

c) Um ímã, posicionado no exterior da ampola, produziu um campo magnético H normal ao campo elétrico – Esta modificação do tubo de Crookes também foi feita por Perrin anteriormente, descrita da mesma forma no livro no subtítulo anterior.

d) A parede frontal foi recoberta por um écran fluorescente de sulfeto de zinco, para determinar o ponto onde o raio catódico incide (p. 156) – Revisando o artigo por algumas vezes, não se encontrou menções a sulfeto de zinco. Em verdade, a esquematização mostrada no livro (Figura 8) tem grandes diferenças com a esquematizada pelo próprio Thomson (Figuras 1 e 2), evidenciando talvez uma interpretação com referências a estudos experimentais contemporâneos ao livro. Infelizmente não há referências, a não ser pelo responsável pelas ilustrações – Joel Link.

A explicação que se segue resume-se a alguns fatos importantes para o desenvolvimento do pensamento de Thomson sobre o fenômeno. Segundo o livro, o cientista entendeu que os campos elétrico e magnético apenas desviavam os raios, e não os atraía totalmente, mostrando que além da natureza negativa, eles também têm inércia. - Os raios catódicos foram

identificados como sendo elétrons. Os elétrons têm, pois, *carga negativa e possuem massa*. (...) a força elétrica que o campo exerce sobre cada elétron o obriga a incidir num ponto P' do écran, em vez de no ponto P. (p. 157). De fato, Thomson inclui a variável energia cinética destas partículas em sua análise (Equação 2), mas nunca os chamou de elétrons, sendo esta nomenclatura (mesmo discutida anos antes do artigo) apenas adotada formalmente em 1910 como visto anteriormente. Ao decorrer do artigo o nome usual para elas é corpúsculo.

O livro então inicia um desenvolvimento matemático da seguinte forma: A força elétrica F depende do campo elétrico X e da carga do elétron e, isto é:

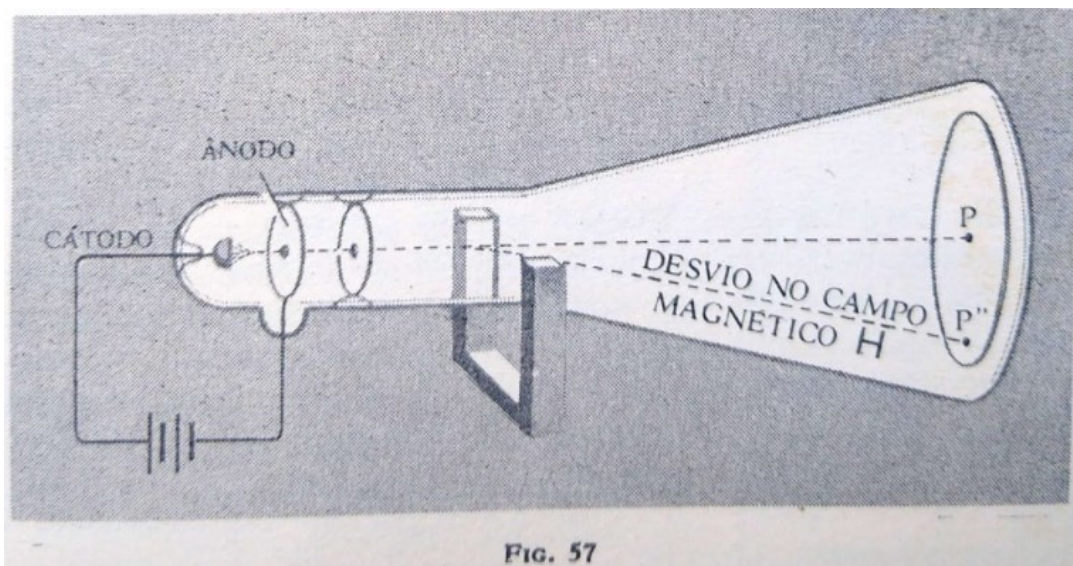
$$F = X \cdot e \quad (15)$$

Ao desligar o campo elétrico e incidir o magnético, os elétrons sofrem um desvio vertical para P'' (Figura 9), tendo a força magnética F_m dependência do campo, da carga do elétron e da velocidade, que por sua vez equivale a força centrípeta adquirida pelo elétron, sendo uma representação perceptível pela análise das Equações 7, 8 e 9 descritas por Thomson:

$$F_m = H \cdot e \cdot v \quad (16)$$

$$F_m = \frac{mv^2}{r} \quad (17)$$

Figura 9 - Representação da deflexão pelo campo magnético no livro de Saffioti



Fonte: SAFFIOTI, 1968, p. 157.

Vale ressaltar que o livro dá a devida atenção ao valor da curvatura dos raios catódicos para a matematização também conferida por Thomson, tendo ele em seu artigo inclusive

explicado como aferiu estes dados. Nesta equação (Equação 17) é representada por r, m a massa do elétron e v^2 / r a aceleração centrípeta. Assim como foi explanado no artigo, o livro sugere ajustar os campos até que a distância PP' e PP'' sejam iguais (figuras 8 e 9), para podermos igualar a força elétrica à magnética.

$$X.e = H . e . v = \frac{mv^2}{r} \quad (18)$$

Neste ponto ocorre um pulo no desenvolvimento matemático. Isto pode ser entendido pelo fato de o objetivo didático no livro não buscar provar a matematização usada, como Thomson fez, mas sim justificar o uso dela. A consideração a seguir é dita como alcançada por Thomson a partir do manejo da (Equação 18) e uso da geometria, chegando na (Equação 19).

$$\frac{e}{m} = \frac{X}{H^2} \cdot \frac{PP''}{OP} \quad (19)$$

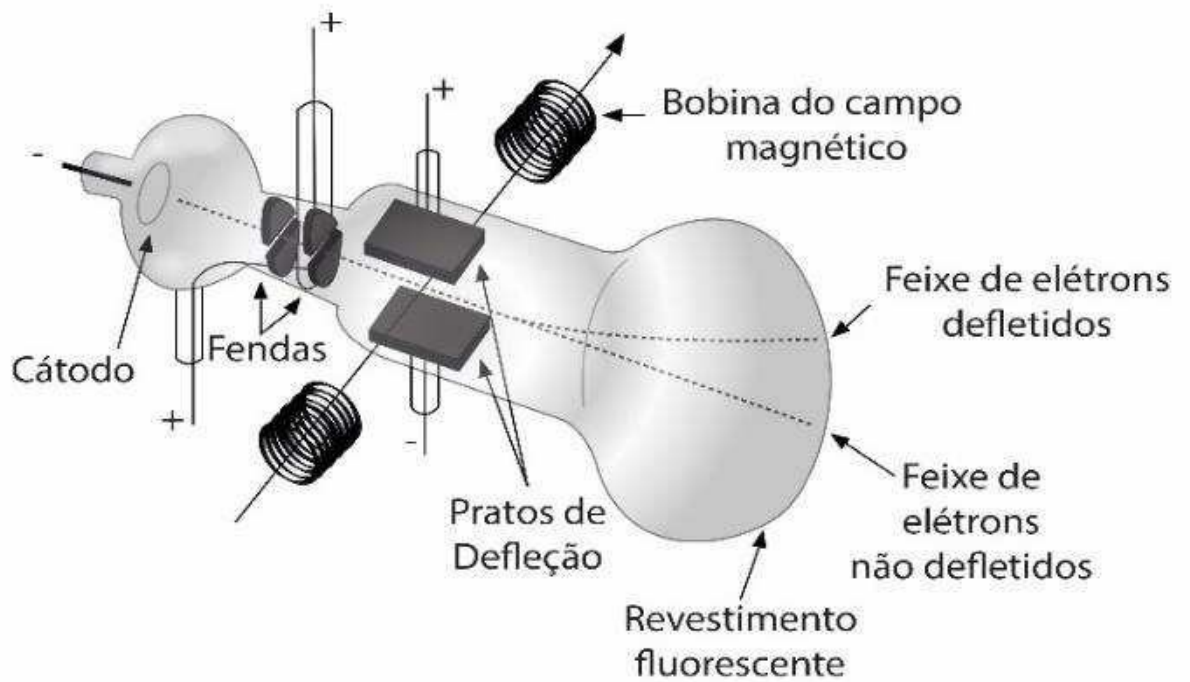
Onde OP é a distância do centro do campo elétrico ao centro do écran. Com os dados calculados, Thomson chegou assim, segundo o livro de Saffioti, a relação carga massa e / m , (...) O valor correto obtido por vários pesquisadores, empregando esse método, outros métodos e outros pesquisadores é o seguinte:

$$\frac{e}{m} = 1,759.2 \times 10^8 \text{ coulombs/grama}$$

Desta forma se encerra este subtítulo referente ao experimento de Thomson, da seção Raios Catódicos no livro de Saffioti. Os que se seguem, abrangem estudos posteriores como o de Millikan que determinou a carga do elétron, feito que Thomson em seu artigo diz ter infelicidade em não poder matematicamente estudar a fundo, mesmo podendo calcular relações para o próton.

Para parâmetros de comparação, podemos observar uma representação mais atual do experimento de Thomson a seguir, onde melhor compreendemos o arranjo experimental bem descrito no artigo de 1897, identificando melhor vetores de campo elétrico, magnético, a deflexão e as fendas dos ânodos colimadores, em um esquema panorâmico de três dimensões, algo que não é representado no artigo:

Figura 10 - Esquemática do tubo de raios catódicos usado por Thomson.



Fonte: NEVES, 2019 p. 262

7 Conclusões

Podemos dizer que o que aprendemos sobre o experimento que Sir J.J. Thomson realizou em Cambridge em 1897, em aulas tradicionais com representações metafóricas como o modelo do “Pudim de Passas”. Isto quando o estudo não foca apenas no modelo e não menciona ao menos o experimento. O estudo do artigo original trouxe grande interesse a outros estudos dentro das possibilidades de análises como a realizada nesta pesquisa. Este artigo, mostrou não apenas que Thomson não estava sem referenciais, sozinho e criou um estudo próprio que o levou a relação carga massa do elétron, mas registou uma quantidade considerável de outros estudos e cientistas que compunham o pensamento dele no momento da descoberta, algo que também podemos concordar, é uma visão diferente dos livros didáticos comuns, onde Thomson é um protagonista solitário. Os resultados apresentados pelo cientista mostram caminhos distintos e estudos secundários para consolidar a argumentação de sua tese, envolvendo-o com frequência mesmo em seu texto, em questionamentos e reflexões. Não somente isto, mas também usa de diferentes arranjos experimentais para aprimorar estudos anteriores, detalhadamente explicado e criticado por ele mesmo em seu artigo.

Podemos justificar as diferenças entre análises sobre conhecimento científico e didatizado pelo processo de transformação que ele ocorre. Quando o processo de transposição didática é realizado, o objetivo não inclui processos histórico-metodológicos que originaram o conceito, mas sim o resultado, afunilando o conteúdo a compreensão geral de terminologias e matemáticas sobre o assunto, fato bem presente nas análises de Lopes (1997). Entretanto, a busca por edições didáticas que começaram a incluir o experimento de Thomson na área da atomística, nos levando a Saffioti, que mostra em seu conteúdo uma preocupação histórica e metodológica do assunto, mesmo que identificada a simplificação e objetividade empenhados para não provar, mas justificar para o aluno os fatos. Claramente o conteúdo no livro didático é mais que o suficiente para difundir o conhecimento sobre o tema e uma matematização que possibilita ao aluno alcançar as conclusões de Thomson. Um ponto interessante a se tratar é que Saffioti é graduado tanto na área da Física quanto da Química, atribuindo talvez uma nova problemática se pudermos vir a trabalhar com versões diferentes de didatização do tema com objetivos específicos no ensino nestas áreas.

Logo, é intrigante pensar nas possibilidades deste estudo em outras obras didáticas, não apenas as primeiras que trouxeram este conhecimento ao âmbito escolar, mas as atuais que

distam mais de um século do artigo original, e como nós professores costumamos ver, aparentam grandes diferenças com o livro de Saffioti. Assim como Thomson mostrou infelicidade em suas palavras finais no artigo por não poder no momento atender a uma análise mais profunda sobre os corpúsculos, me vejo na mesma situação, com um tempo reduzido e prejudicado pelo atual contexto mundial, mas me felicito com o aprendizado e descobertas decorrentes dos estudos, principalmente a respeito do artigo original sobre os raios catódicos, algo que reconheço, tomou conta de grande parte do foco da pesquisa.

8. REFERÊNCIAS

- ABRANTES, Ângelo Antônio; MARTINS, Lígia Márcia. A produção do conhecimento científico: relação sujeito-objeto e desenvolvimento do pensamento. *Interface (Botucatu)*, Botucatu, v. 11, n. 22, p. 313-325, agosto. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-32832007000200010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em janeiro de 2021.
- ANDRADE, Eliane R. A Autoria e a função-autor no livro didático, *Quaestio - Revista de Estudos em Educação*: v. 5 n. 2 (2003). Disponível em:< <http://periodicos.uniso.br/ojs/index.php/quaestio/article/view/1364>>. Acesso em novembro, 2020.
- BROCKINGTON, Guilherme, and Maurício Pietrocola. "Serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna?" *Investigações em Ensino de Ciências* 10.3 (2016): 387-404. Disponível em:< <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/512>>. Acesso em julho, 2020.
- CARTAXO, S. R. M. A formação do autor do livro didático do PNLD. In: Anped Sul-Seminário de Pesquisa da Região Sul, 9, 2012, Caxias do Sul. *Anais... Caxias do Sul*: Universidade de Caxias do Sul, 2012. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/view/file/2141/471>>. Acesso em novembro, 2020.
- ED., SÃO PAULO: Globo, 1989, 275 p. Michaelis. *Moderno dicionário da língua portuguesa*. São Paulo: Melhoramentos, 1998.
- FRAZAO, Dilva. Biografia de Joseph John Thomson. Blog e-biografias. jan, 2020. Disponível em: <[https://www.ebiografia.com/joseph_john_thomson/#:~:text=Joseph%20John%20Thomson%20\(1856%2D1940\)%20foi%20um%20f%C3%ADsico%20brit%C3%A2nico.&text=Recebeu%20o%20Pr%C3%AAmio%20Nobel%20de,18%20de%20dezembro%20de%201856.](https://www.ebiografia.com/joseph_john_thomson/#:~:text=Joseph%20John%20Thomson%20(1856%2D1940)%20foi%20um%20f%C3%ADsico%20brit%C3%A2nico.&text=Recebeu%20o%20Pr%C3%AAmio%20Nobel%20de,18%20de%20dezembro%20de%201856.)>. Acesso em janeiro, 2021.
- GALIAN, Cláudia Valentina Assumpção. A prática pedagógica e a criação de um contexto favorável para a aprendizagem de ciências no Ensino Fundamental. *Ciênc. educ. (Bauru)*, Bauru , v. 18, n. 2, p. 419-433, 2012 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132012000200012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em fevereiro de 2021.
- GOMES, Jarbas Maurício; MORENO, Bruno Stramandinoli. Ciência e Modernidade: Considerações acerca da Publicação Científica e a Fragmentação da Ciência. *SaBios-Revista de Saúde e Biologia*, v. 1, n. 1, 2006. Disponível em: < <http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios2/article/view/file/31/8>>. Acesso em setembro de 2020.
- JÚNIOR, Carlos Augusto Aguiar. CONHECIMENTO, CONHECIMENTO ESCOLAR E DISCURSO PEDAGÓGICO. *Periferia*, v. 10, n. 1, p. 229-243, 2018. Disponível em: < [e-publicacoes.uerj.br/index.php/periferia/article/viewFile/27988/24536#:~:text=Por%20sua%20vez%2C%20o%20conhecimento,aparelho%20e%20a%20sociedade%20\(p](http://e-publicacoes.uerj.br/index.php/periferia/article/viewFile/27988/24536#:~:text=Por%20sua%20vez%2C%20o%20conhecimento,aparelho%20e%20a%20sociedade%20(p) >. Acesso em janeiro de 2021
- LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. "Conhecimento escolar em química: processo de mediação didática da ciência." *Química nova* 20.5 (1997): 563-568. Disponível em:< <https://www.scielo.br/pdf/qn/v20n5/4901.pdf>>. Acesso em junho, 2020.
- MASSABNI, Antônio Carlos; MELIOS, Cristo Bladimiro; FRANCO, Douglas Wagner. In memorian. *Quím. Nova*, São Paulo , v. 22, n. 4, p. 630-631, July 1999 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421999000400024&lng=en&nrm=iso>. Acesso em dezembro, 2020.

MENEZES, Ebenezer Takuno de. Verbete PNLD (Programa Nacional do Livro Didático). Dicionário Interativo da Educação Brasileira - EducaBrasil. São Paulo: Midiamix Editora, 2001. Disponível em <<https://www.educabrasil.com.br/pnld-programa-nacional-do-livro-didatico/>>. Acesso em 27 jan 2021.

MORAES, Didier Dominique Cerqueira Dias de. Uma trajetória do design do livro didático no Brasil: a Companhia Editora Nacional, 1926-1980. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16134/tde-15022017-120740/publico/didier.pdf>>. Acesso em janeiro de 2021.

MOREIRA, Ildeu D. Conferência Nobel de Thomson sobre a Descoberta do Elétron Tradução e notas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, 1997. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v19_299.pdf>. Acesso em janeiro, 2021.

NEVES, Defferson Rodrigues Martins et al. Uma proposta de baixo custo para experimentos com raios catódicos. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 36, n. 1, p. 256-286, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2019v36n1p256>>. Acesso em janeiro 2021.

PRETTO, Nelson De Luca. A ciência, nos livros didáticos. 1995. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/16915/1/ciencia-livros-didaticos.pdf>>. Acesso em setembro de 2020.

SILVA, Luiz Cezar Mendes da; SANTOS, Wilma Machado Soares; DIAS, Penha Maria Cardoso. A carga específica do elétron: um enfoque histórico e experimental. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 01-07, Mar. 2011. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172011000100023&lng=en&nrm=iso>. Acesso em janeiro, 2021.

SAFFIOTI, Waldemar. Fundamentos de Química. Companhia Editora Nacional, v.1 1968

SOUZA, Ana Lúcia Santos; CHAPANI, Daisi Teresinha. Teoria crítica de Paulo Freire, formação docente e o ensino de ciências nos anos iniciais de escolaridade. Rev. Lusófona de Educação, Lisboa, n. 25, p. 119-133, dez. 2013. Disponível em <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1645-72502013000300008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em janeiro de 2021.

THOMSON, Joseph John. XL. Cathode rays. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, v. 44, n. 269, p. 293-316, 1897. Disponível em: <<https://web.mit.edu/8.13/8.13c/references-fall/relativisticdynamics/thomson-cathode-rays-1897.pdf>>. Acesso em: dezembro de 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO. Biblioteca Unifesp Campus Diadema. Manual de normalização de trabalhos acadêmicos. Diadema, 2019. 55 p. Disponível em: <http://biblioteca.diadema.unifesp.br/>. Acesso em maio, 2020.

WEINBERG, S. The Discovery of Subatomic Particles. Penguin Books, London, 1993. Disponível em: <<http://hep.ucsb.edu/courses/ph225a/ElectronDiscoveryC.pdf>>. Acesso em janeiro, 2021.

9. ANEXOS

ANEXO 1 – Tabela de valores encontrados por Thomson no estudo inicial em diferentes tubos de raios catódicos. Fonte: Raios Catódicos 1897 página 306.

Gas.	Value of W/Q.	I.	m/e .	v.
Tube 1.				
Air	4.6×10^{11}	230	$.57 \times 10^{-7}$	4×10^9
Air	1.8×10^{12}	350	$.34 \times 10^{-7}$	1×10^{10}
Air	6.1×10^{11}	230	$.43 \times 10^{-7}$	5.4×10^9
Air	2.5×10^{12}	400	$.32 \times 10^{-7}$	1.2×10^{10}
Air	5.5×10^{11}	230	$.48 \times 10^{-7}$	4.8×10^9
Air	1×10^{12}	285	$.4 \times 10^{-7}$	$.7 \times 10^9$
Air	1×10^{12}	285	$.4 \times 10^{-7}$	7×10^9
Hydrogen	6×10^{12}	205	$.35 \times 10^{-7}$	6×10^9
Hydrogen	2.1×10^{12}	460	$.5 \times 10^{-7}$	9.2×10^9
Carbonic acid	8.4×10^{11}	260	$.4 \times 10^{-7}$	7.5×10^9
Carbonic acid	1.47×10^{12}	340	$.4 \times 10^{-7}$	8.5×10^9
Carbonic acid	3.0×10^{12}	480	$.39 \times 10^{-7}$	1.3×10^{10}
Tube 2.				
Air	2.8×10^{11}	175	$.53 \times 10^{-7}$	3.3×10^9
Air	4.4×10^{11}	195	$.47 \times 10^{-7}$	4.1×10^9
Air	3.5×10^{11}	181	$.47 \times 10^{-7}$	3.8×10^9
Hydrogen	2.8×10^{11}	175	$.53 \times 10^{-7}$	3.3×10^9
Air	2.5×10^{11}	160	$.51 \times 10^{-7}$	3.1×10^9
Carbonic acid	2×10^{11}	148	$.54 \times 10^{-7}$	2.5×10^9
Air	1.8×10^{11}	151	$.63 \times 10^{-7}$	2.3×10^9
Hydrogen	2.8×10^{11}	175	$.53 \times 10^{-7}$	3.3×10^9
Hydrogen	4.4×10^{11}	201	$.46 \times 10^{-7}$	4.4×10^9
Air	2.5×10^{11}	176	$.61 \times 10^{-7}$	2.8×10^9
Air	4.2×10^{11}	200	$.48 \times 10^{-7}$	4.1×10^9
Tube 3.				
Air	2.5×10^{11}	220	$.9 \times 10^{-7}$	2.4×10^9
Air	3.5×10^{11}	225	$.7 \times 10^{-7}$	3.2×10^9
Hydrogen	3×10^{11}	250	1.0×10^{-7}	2.5×10^9

ANEXO 2 – Tabela de arranjos dos imãs no experimento de Meyer, que argumentam o comportamento dos corpúsculos segundo Thomson – Fonte: Raios Catódicos 1897 página 314.

1.	2.	3.	4.	5.
$\begin{Bmatrix} 1.5 \\ 1.6 \\ 1.7 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 2.6 \\ 2.7 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 3.7 \\ 3.8 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 4.8 \\ 4.9 \end{Bmatrix}$	5.9
$\begin{Bmatrix} 1.5.9 \\ 1.6.9 \\ 1.6.10 \\ 1.6.11 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 2.7.10 \\ 2.8.10 \\ 2.7.11 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 3.7.10 \\ 3.7.11 \\ 3.8.10 \\ 3.8.11 \\ 3.8.12 \\ 3.8.13 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 4.8.12 \\ 4.8.13 \\ 4.9.12 \\ 4.9.13 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 5.9.12 \\ 5.9.13 \end{Bmatrix}$
$\begin{Bmatrix} 1.5.9.12 \\ 1.5.9.13 \\ 1.6.9.12 \\ 1.6.10.12 \\ 1.6.10.13 \\ 1.6.11.12 \\ 1.6.11.13 \\ 1.6.11.14 \\ 1.6.11.15 \\ 1.7.12.14 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 2.7.10.15 \\ 2.7.12.14 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 3.7.12.13 \\ 3.7.12.14 \\ 3.7.13.14 \\ 3.7.13.15 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 4.9.13.14 \\ 4.9.13.15 \\ 4.9.14.15 \end{Bmatrix}$	